

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
NÍVEL MESTRADO**

EDUARDO RIMOLO CARNEIRO

**IMPACTO DE PARÂMETROS TÉRMICOS E LUMÍNICOS SOBRE O CONSUMO
ENERGÉTICO DE EDIFICAÇÕES:
Estudo de caso em projeto típico de habitação de interesse social unifamiliar**

São Leopoldo

2019

EDUARDO RIMOLO CARNEIRO

**IMPACTO DE PARÂMETROS TÉRMICOS E LUMÍNICOS SOBRE O CONSUMO
ENERGÉTICO DE EDIFICAÇÕES:
Estudo de caso em projeto típico de habitação de interesse social unifamiliar**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS

Orientador: Prof. Dr. Marco Aurélio Stumpf Gonzalez

São Leopoldo

2019

C289i Carneiro, Eduardo Rimolo
Impacto de parâmetros térmicos e lumínicos sobre o consumo energético de edificações: estudo de caso em projeto típico de habitação de interesse social unifamiliar / Eduardo Rimolo Carneiro. – 2019.
118 f. : il. ; color. ; 30cm.

Dissertação (mestrado em Engenharia de Civil) -- Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Civil, São Leopoldo, RS, 2015.
Orientador: Prof. Dr. Marco Aurélio Stumpf Gonzalez.

1. Engenharia civil. 2. Desempenho da edificação. 3. Energia - Consumo. 4. Orientação solar. 5. Simulação de energia. I. Título. II. Gonzalez, Marco Aurélio Stumpf.

CDU 624

EDUARDO RIMOLO CARNEIRO

**ANÁLISE SOBRE O IMPACTO DE PARÂMETROS TÉRMICOS E LUMÍNICOS
SOBRE O CONSUMO ENERGÉTICO DE EDIFICAÇÕES:
Estudo de caso em projeto típico de habitação de interesse social unifamiliar**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS

BANCA EXAMINADORA

Eugênia Aumond Kuhn – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Marco Aurelio Stumpf Gonzalez – Universidade do Vale do Rio dos Sinos

Maria Manuela de Oliveira Guedes de Almeida – Universidade do Minho

Dedico este trabalho, especialmente, à minha mãe e maior incentivadora Elenara Carneiro, que apoiou meu crescimento de forma incondicional e com muito amor. A meu pai Celso Carneiro, pela amizade, carinho e exemplo. E à minha esposa Bruna Bartosiaki, parceira sem igual que esteve comigo durante toda a jornada.

AGRADECIMENTOS

Meus agradecimentos aos professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação pela dedicação ao ensino e crescimento meu e de meus colegas. Ao meu orientador Marco A. S. Gonzalez, guia e parceiro, por todo o trabalho que desenvolvemos juntos. E ao colega de pesquisa e amigo Guilherme Bueno, pelas horas de estudo, artigos escritos e toda descontração enquanto construíamos nossas pesquisas.

RESUMO

As características da edificação afetam diretamente as trocas de calor entre os ambientes internos e externos, bem como na quantidade e acesso de luz natural. As aberturas da envoltória, principalmente as janelas, desempenham um papel fundamental na exploração da energia solar para maior eficiência e menor consumo de energia. Este trabalho tem como objetivo avaliar as relações entre os parâmetros de desempenho térmico e desempenho lumínico e sua influência sobre o consumo de energia das edificações. Como estudo de caso, foi utilizado um projeto típico de habitação de interesse social unifamiliar dentro dos padrões normativos e construtivos brasileiros. Com o objetivo de abranger as diferenças climáticas do território nacional, foram estudados os climas de Porto Alegre, Campo Grande e Belém do Pará, das regiões Sul, Centro e Norte respectivamente. Os parâmetros projetuais variados nas simulações foram a Orientação Solar e a Dimensão das Aberturas (Window-to-Wall Ratio). O tamanho das aberturas variou a taxas de 15% entre 15% e 75% e a orientação solar variou para os quatro pontos cardeais. As simulações foram realizadas no software EnergyPlus, e as métricas analisadas são as médias de consumo de energia para aquecimento, resfriamento e iluminação da edificação. A partir das simulações, foram obtidos dados de desempenho e consumo energético. As análises foram realizadas sobre o efeito dos parâmetros de projeto sobre uso de energia, com a avaliação conjunta de conforto térmico e iluminação natural no interior da edificação. Para a cidade de Porto Alegre foi constatado que, em média, 67% da energia consumida é destinada para o resfriamento da edificação, enquanto 20% corresponde ao aquecimento, e 13% são destinados para a iluminação artificial. Em Campo Grande, o consumo médio com resfriamento é de 88%, o aquecimento corresponde a 2%, e iluminação acrescenta 10%. Em Belém do Pará não existiu necessidade de aquecimento, e 93% da energia consumida é destinada para resfriamento. Os 7% restantes são utilizados para iluminação artificial. O estudo indica as diferenças de resultados entre as localizações estudadas, e pode proporcionar elementos de diferenciação dos projetos de acordo com o local de implantação.

Palavras-chave: Desempenho da edificação; Consumo de energia; Window-to-Wall Ratio; Orientação Solar; Simulação de energia.

ABSTRACT

The characteristics of the building directly affect the heat exchanges between the indoor and outdoor environments, as well as the amount of natural light inside the building. The envelope openings, especially the windows, play a key role in the exploitation of solar energy for greater efficiency and lower energy consumption. Therefore, the objective of this work is to evaluate the relationship between the parameters of thermal performance and light performance and its influence on the energy consumption of the buildings. As a case study, a social housing for single-family within Brazilian standards was used. In order to cover the climatic differences of the national territory, the climates studied are those of Porto Alegre, Campo Grande and Belém do Pará, cities placed on Southern, Center and Northern of Brazil. The simulations parameters are Solar Orientation and Window-to-Wall Ratio. The size of the openings varied at rates of 15% between 15% and 75% and the solar orientation varied to the four cardinal points. The simulations were performed in the EnergyPlus, and the metrics analyzed are the average energy consumption for heating, cooling and lighting of the building. From the simulations, performance and energy consumption data were obtained. The analyzes correspond to the effect of design parameters on energy use, and a parallel is made on the thermal comfort and natural lighting inside the building. For the city of Porto Alegre, it was verified that, on average, 67% of the energy consumed is destined for the cooling of the building, while 20% corresponds to the heating, and 13% for artificial lighting. In Campo Grande, the average consumption with cooling is 88%, while heating corresponds to only 2%, and lighting, 10%. In Belém do Pará there was no need for heating, so 93% of the energy consumed is destined for cooling. The remaining 7% is used for artificial lighting. The study indicates the differences of results between the studied locations and can provide elements of differentiation for architectural projects according to the place of implantation.

Key-words: Building performance; Energy consumption; Window-to-wall ratio; Solar orientation; Energy simulation

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Trocas de calor pela envoltória	38
Figura 2 – Incidência solar sobre edificações.....	40
Figura 3 – Sistemas de iluminação horizontal e vertical.....	43
Figura 4 – Exemplo de transmissão de energia solar através dos vidros	47
Figura 5 – Exemplo de penetração de luz natural através diferentes tipos de vidros	48
Figura 6 – Variação dimensional a taxas de 25%	49
Figura 7 – Variação dimensional a taxas de 10%	49
Figura 8 – Variação dimensional a taxas de 15%	50
Figura 9 – Penetração de luz natural através de diferentes aberturas	50
Figura 10 – Configurações espaciais HIS	52
Figura 11 – Derivação adimensional do modelo topológico	53
Figura 12 – Exemplos de configuração HIS	54
Figura 13 – Estrutura da Pesquisa	56
Figura 14 – Zonas Bioclimáticas e localização das cidades estudadas	57
Figura 15 – Projeto Analisado	60
Figura 16 – Sistema de Vedação Vertical	61
Figura 17 – Vidro simples 6mm.....	61
Figura 18 – Sistema de Cobertura	62
Figura 19 – Ambientes e zonas térmicas do modelo 3D no software SketchUp.....	63
Figura 20 – Schedules para Estar Jantar	64
Figura 21 – Schedules para Dormitórios	64
Figura 22 – Dimensionamento das aberturas conforme WWR	66
Figura 23 – Orientações solares estudadas no modelo	66
Figura 24 – Orientações solares estudadas para o Dormitório 1	67

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Faixas de conforto térmico segundo ASHRAE 55	35
Gráfico 2 – Temperatura interna de conforto	36
Gráfico 3 – Gráfico Psicrométrico adaptado de Givoni.....	36
Gráfico 4 – Consumo de energia per capita.....	45
Gráfico 5 – Consumo de energia versus área da janela	51
Gráfico 6 – Dados climáticos básicos de Porto Alegre.....	58
Gráfico 7 – Dados climáticos básicos de Campo Grande	58
Gráfico 8 – Dados climáticos básicos de Belém.....	59
Gráfico 9 – Proporção dos consumos de energia conforme a posição solar	69
Gráfico 10 – Proporção dos consumos de energia conforme as dimensões das aberturas	70
Gráfico 11 – Média de consumo anual de energia para aquecimento para Porto Alegre	71
Gráfico 12 – Média de consumo anual de energia para aquecimento para Campo Grande	72
Gráfico 13 – Média de consumo anual de energia para resfriamento para Porto Alegre	73
Gráfico 14 – Média de consumo anual de energia para resfriamento para Campo Grande	73
Gráfico 15 – Média de consumo anual de energia para resfriamento para Belém....	73
Gráfico 16 – Média de consumo anual de energia para iluminação para Porto Alegre	74
Gráfico 17 – Média de consumo anual de energia para iluminação para Campo Grande	75
Gráfico 18 – Média de consumo anual de energia para iluminação para Belém	75
Gráfico 19 – Média de consumo anual de energia para Porto Alegre na orientação Norte	76
Gráfico 20 – Média de consumo anual de energia para Campo Grande na orientação Norte	76
Gráfico 21 – Média de consumo anual de energia para Belém na orientação Norte	77
Gráfico 22 – Relação entre o consumo anual de energia para Orientação Norte e precipitação em Belém.....	77

Gráfico 23 – Média de consumo anual de energia para Porto Alegre na orientação Sul	78
Gráfico 24 – Média de consumo anual de energia para Campo Grande na orientação Sul	79
Gráfico 25 – Média de consumo anual de energia para Belém na orientação Sul	79
Gráfico 26 – Consumo de energia para aquecimento, resfriamento e iluminação segundo WWR	80
Gráfico 27 – Média de consumo de energia para aquecimento segundo WWR	82
Gráfico 28 – Média de consumo de energia para resfriamento segundo WWR	83
Gráfico 29 – Média de consumo de energia para iluminação segundo WWR	85
Gráfico 30 – Comparativo de energia necessária para resfriamento, aquecimento e iluminação em Porto Alegre na orientação Norte	88
Gráfico 31 – Comparativo de energia necessária para resfriamento, aquecimento e iluminação em Porto Alegre na orientação Sul.....	88
Gráfico 32 – Comparativo de energia necessária para resfriamento, aquecimento e iluminação em Porto Alegre na orientação Leste	88
Gráfico 33 – Comparativo de energia necessária para resfriamento, aquecimento e iluminação em Porto Alegre na orientação Oeste	89
Gráfico 34 – Comparativo de energia necessária para resfriamento, aquecimento e iluminação em Campo Grande na orientação Norte	90
Gráfico 35 – Comparativo de energia necessária para resfriamento, aquecimento e iluminação em Campo Grande na orientação Sul	90
Gráfico 36 – Comparativo de energia necessária para resfriamento, aquecimento e iluminação em Campo Grande na orientação Leste	91
Gráfico 37 – Comparativo de energia necessária para resfriamento, aquecimento e iluminação em Campo Grande na orientação Oeste.....	91
Gráfico 38 – Comparativo de energia necessária para resfriamento, aquecimento e iluminação para Belém na orientação Norte.....	92
Gráfico 39 – Comparativo de energia necessária para resfriamento, aquecimento e iluminação para Belém na orientação Sul	93
Gráfico 40 – Comparativo de energia necessária para resfriamento, aquecimento e iluminação para Belém na orientação Leste.....	93
Gráfico 41 – Comparativo de energia necessária para resfriamento, aquecimento e iluminação para Belém na orientação Oeste.....	93

Gráfico 42 – Consumo médio anual de energia na orientação Norte.....94

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Critério de Avaliação de Desempenho Térmico para Condições de Verão	34
Quadro 2 – Critério de Avaliação de Desempenho Térmico para Condições de Inverno	34
Quadro 3 – Transmitância Térmica dos SVV	39
Quadro 4 – Transmitância Térmica dos SC	39
Quadro 5 – Capacidade Térmica dos SVV.....	40
Quadro 6 – Níveis de iluminância.....	43
Quadro 7 – Tamanho das aberturas em relação a área do piso	48
Quadro 8 – Área mínima das aberturas em dormitórios e salas de estar	48
Quadro 9 – Proporções de consumo de energia entre WWR e usos.....	81
Quadro 10 – Média de consumo de energia para aquecimento segundo WWR.....	82
Quadro 11 – Média de consumo de energia para resfriamento segundo WWR	84
Quadro 12 – Comparativo do consumo de energia para iluminação segundo WWR e SO para Porto Alegre	86
Quadro 13 – Comparativo do consumo de energia para iluminação segundo WWR e SO para Campo Grande	86
Quadro 14 – Comparativo do consumo de energia para iluminação segundo WWR e SO para Belém.....	87

LISTA DE TABELAS

Tabela A.1 – Dados de consumo energético para Porto Alegre: Window-to-Wall Ratio 15%.....	104
Tabela A.2 – Dados de consumo energético para Porto Alegre: Window-to-Wall Ratio 30%.....	105
Tabela A.3 – Dados de consumo energético para Porto Alegre: Window-to-Wall Ratio 45%.....	106
Tabela A.4 – Dados de consumo energético para Porto Alegre: Window-to-Wall Ratio 60%.....	107
Tabela A.5 – Dados de consumo energético para Porto Alegre: Window-to-Wall Ratio 75%.....	108
Tabela B.1 – Dados de consumo energético para Campo Grande: Window-to-Wall Ratio 15%.....	109
Tabela B.2 – Dados de consumo energético para Campo Grande: Window-to-Wall Ratio 30%.....	110
Tabela B.3 – Dados de consumo energético para Campo Grande: Window-to-Wall Ratio 45%.....	111
Tabela B.4 – Dados de consumo energético para Campo Grande: Window-to-Wall Ratio 60%.....	112
Tabela B.5 – Dados de consumo energético para Campo Grande: Window-to-Wall Ratio 75%.....	113
Tabela C.1 – Dados de consumo energético para Belém: Window-to-Wall Ratio 15%.....	114
Tabela C.2 – Dados de consumo energético para Belém: Window-to-Wall Ratio 30%.....	115
Tabela C.3 – Dados de consumo energético para Belém: Window-to-Wall Ratio 45%.....	116
Tabela C.4 – Dados de consumo energético para Belém: Window-to-Wall Ratio 60%.....	117
Tabela C.5 – Dados de consumo energético para Belém: Window-to-Wall Ratio 75%.....	118

LISTA DE SIGLAS

3D	Três dimensões
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANSI	American National Standards Institute
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
Clg	Cooling – Resfriamento
CT	Capacidade Térmica
D1	Dormitório 1
D2	Dormitório 2
DOE	United States Department of Energy
ES	Estar
HIS	Habitação de Interesse Social
Htg	Heating – Aquecimento
HVAC	Heating, Ventilating, and Air Conditioning
I	Intermediário
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
L	Leste
Ltg	Lighting – Iluminação
M	Mínimo
MS	Mato Grosso do Sul
N	Norte
NBR	Norma Brasileira
O	Oeste
PA	Pará
RS	Rio Grande do Sul
S	Sul
S	Superior
SC	Sistema de Cobertura
SO	Solar Orientation – Orientação Solar
SVV	Sistema de Vedação Vertical
UDI	Useful Daylight Illuminance

U-Value	Transmitância térmica
WWR	Window-to-Wall Ratio
ZB	Zona Bioclimática
α	Absortância Térmica

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	28
1.1 Tema	29
1.2 Delimitação do Tema	29
1.3 Problema	29
1.4 Objetivos	30
1.4.1 Objetivo geral	30
1.4.2 Objetivos específicos.....	30
1.5 Justificativa.....	30
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	33
2.1 Conforto e desempenho térmico	33
2.1.1 Parâmetros de desempenho térmico da edificação	37
2.2 Conforto e desempenho lumínico	40
2.2.1 Parâmetros de desempenho para iluminação natural de ambientes internos..	43
2.3 Eficiência energética nas edificações	44
2.5 Propriedades das aberturas nas fachadas	46
2.5.1 Propriedades de elementos translúcidos.....	46
2.5.2 Dimensionamento das aberturas.....	48
2.6 Habitação de interesse social	51
2.6.1 Configuração espacial para habitação de interesse social.....	52
2.7 Modelagem e simulação computacional	54
3 METODOLOGIA	56
3.1 Dados climáticos	57
3.2 Projeto analisado	60
3.3 Parâmetros do modelo e simulação	62
3.3.1 Dimensionamento, posição e orientação solar das aberturas	65
4 APRESENTAÇÃO E DISCUÇÃO DOS RESULTADOS	68
4.1 Efeito do clima sobre o desempenho energético da edificação	68
4.2 Efeito da orientação solar sobre o desempenho energético da edificação .	71
4.2.1 Comparativo de resultados sobre as orientações solares Norte e Sul	76
4.3 Efeito da dimensão das aberturas sobre o desempenho energético da edificação.....	80
4.3.1 Análise de desempenho para aquecimento	81

4.3.2 Análise de desempenho para resfriamento	83
4.3.3 Análise de desempenho para iluminação.....	84
4.4 Análise comparativa entre os parâmetros de desempenho	87
4.4.1 Análise comparativa para o clima de Porto Alegre	87
4.4.2 Análise comparativa para o clima de Campo Grande	90
4.4.3 Análise comparativa para o clima de Belém.....	92
4.4.4 Conclusão da análise comparativa para os climas estudados	94
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	96
REFERÊNCIAS.....	98
APÊNDICE A – ZONA BIOCLIMÁTICA 3: PORTO ALEGRE.....	104
APÊNDICE B – ZONA BIOCLIMÁTICA 6: CAMPO GRANDE.....	109
APÊNDICE C – ZONA BIOCLIMÁTICA 8: BELÉM.....	114

1 INTRODUÇÃO

O projeto arquitetônico influencia de maneira substancial a qualidade e no desempenho da edificação. Deste modo, o planejamento sobre o desempenho serve como ferramenta no desenvolvimento de construções mais eficientes. A normatização dos níveis de qualidade, portanto, funciona como um balizador para promoção da melhoria dos padrões da construção (MAYER, 2012).

A normatização é importante para o desenvolvimento de metodologias que possam ser replicadas a qualquer projeto de forma genérica e abrangente. Através da regularização de métricas e ferramentas, torna-se viável o desenvolvimento de simulações e análises nas etapas de projeto (ASHRAE, 2017). No Brasil, a norma NBR 15575 – Desempenho de Edificações Residenciais dispõe dos parâmetros, requisitos e critérios para a avaliação de desempenho relativo à durabilidade, sustentabilidade e habitabilidade (ABNT, 2013).

Tais análises podem ser realizadas através de ferramentas de modelagem e simulação que viabilizam a avaliação do desempenho. Através da simulação, pode-se verificar o comportamento da edificação frente à diferentes situações. O processo computacional permite a simulação de um grande número de possibilidades, aumentando o escopo de trabalho dos projetistas, e provendo informações importantes para tomadas de decisão (CRAWLEY, 2008; LI et al., 2006).

O desempenho das edificações pode ser afetado por mais de uma característica. Portanto, a simulação de diferentes parâmetros auxilia nas tomadas de decisão, promovendo projetos mais precisos e que atendam de forma adequada aos critérios normativos. Assim, análises sobre a influência da radiação solar, por exemplo, dizem respeito tanto à fatores térmicos quanto de iluminação.

Ainda, o controle sobre a radiação é importante para alcançar a eficiência energética da edificação. A eficiência energética como prática de projeto é uma alternativa sustentável de redução do consumo energético e para redução do impacto ambiental (CARVALHO; SPOSTO, 2012). Devido ao grande consumo energético em edificações, estratégias passivas de projeto demonstram grande potencial como alternativa aos sistemas artificiais de iluminação, aquecimento e resfriamento (OMRANI et al., 2017). O uso racional da energia elétrica em edificações deve estar atrelado a soluções de projeto sustentáveis que garantam o conforto no interior da edificação (PIRES, 2013).

Uma edificação eficiente proporciona o mesmo conforto com um menor gasto de energia. A envolvente do edifício, ou seja, fachadas e cobertura, influenciam diretamente no conforto dos usuários e no consumo pela sua exposição direta ao sol e à radiação (CARMODY et al., 2004; SOLER; SALANDIN; MICÓ, 2018). Suas características são de extrema importância para a garantia do conforto, podendo-se citar: os materiais empregados; o tamanho e tipo das aberturas; e a orientação solar a que estão expostas.

A fim de compreender a influência dos parâmetros de desempenho térmico e desempenho lumínico sobre a eficiência energética de edificação, este trabalho utiliza a simulação computacional para analisar uma habitação de interesse social unifamiliar dentro dos padrões normativos brasileiros. As simulações ocorreram para três climas preponderantes, e para diferentes configurações de aberturas e orientações solares, suscitando a potencial relação entre os critérios de temperatura e iluminação.

1.1 Tema

Análise sobre o impacto de parâmetros térmicos e lumínicos sobre o consumo energético de edificações: estudo de caso em projeto tipo de habitação de interesse social unifamiliar.

1.2 Delimitação do Tema

Esta pesquisa se limitou a analisar o impacto que a radiação solar, nos âmbitos de temperatura e iluminação, exerce sobre o desempenho energético de edificações, tendo como estudo de caso um projeto tipo de uma habitação residencial de baixa renda para três climas preponderantes no Brasil.

1.3 Problema

Se o desempenho térmico e o desempenho lumínico são decorrentes da influência da radiação solar sobre a edificação, qual o comportamento da edificação sob a influência destes desempenhos em conjunto e seu efeito sobre o consumo de energia da edificação?

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo geral

Averiguar o impacto de parâmetros térmicos e lumínicos sobre o consumo de energia de uma habitação social unifamiliar.

1.4.2 Objetivos específicos

Para alcançar o objetivo geral sobre o tema proposto, este trabalho tem os seguintes objetivos específicos:

- a) Investigar os parâmetros de desempenho térmico e desempenho lumínico para edificações;
- b) Investigar o efeito da orientação solar e da dimensão das aberturas sobre o desempenho das edificações;
- c) Analisar o impacto destas opções sobre o consumo energético da edificação.

1.5 Justificativa

O principal papel da arquitetura é dar abrigo àqueles que habitam e exercem suas atividades, delimitando o espaço interno e protegendo contra as intempéries do ambiente externo (MANZANO-AGUGLIARO et al., 2015; OLIVEIRA, 2016; OMRANI et al., 2017; SOUSA, 2017). Entretanto, além das necessidades básicas de abrigo e proteção, surgem com relativa velocidade novos problemas, tecnologias e sistemas capazes de compor as diferentes partes da edificação, cada qual indo ao encontro de novas necessidades humanas, modificando a maneira de viver e morar.

A qualidade da edificação tem função projetual, servindo de suporte como informação para as tomadas de decisão. A padronização dos níveis de qualidade e desempenho do ambiente construído surge como um modo de promoção do bem-estar social, e da melhoria dos padrões de habitação (MAYER, 2012).

Para acompanhar as mudanças, são necessários métodos que comprovem o desempenho em diferentes situações. Isto só é possível através da regularização e normatização de parâmetros que possam ser aplicados de modo genérico (ASHRAE, 2017). No Brasil, desde 2013, está em vigência a Norma de Desempenho para edificações residenciais, que levanta diversas questões relacionadas ao projeto, construção, uso e operação. Nela são abordados temas relativos à performance e ao conforto dos usuários, como os de sustentabilidade e habitabilidade (ABNT, 2013).

Metodologias de simulações de desempenho são desenvolvidas para os profissionais e espera-se um entendimento por parte dos mesmos sobre sua aplicação em projetos. Para atingir sua real efetividade, é necessário um alto grau de entendimento e usabilidade para que o processo de simulação e análise derive resultados que auxiliem nas tomadas de decisão (CRAWLEY, 2008; LI et al., 2006).

Através da simulação, é possível modelar e analisar uma ou mais soluções de projeto. Com respeito ao conforto térmico e visual, a adoção de métricas pode depender em muito do modo como a edificação foi projetada. Isto determina, entre outros exemplos, seus sistemas mecânicos de resfriamento ou o uso de iluminação artificial nos ambientes (YU; SU, 2015).

Em certos casos, tais características da edificação podem indicar diferentes métricas de desempenho. A radiação solar pode trazer benefícios à iluminação natural, ao mesmo tempo em que prejudica o desempenho térmico devido as altas cargas térmicas, aumento o consumo de energia elétrica. Assim, o controle sobre a luz e radiação solar é essencial, especialmente em habitações de baixa renda, onde recursos energéticos e financeiros são escassos.

Desde sua primeira versão do ano de 2008, a Norma de Desempenho é objeto de estudo de diversas pesquisas com o intuito de avaliar e comparar seus procedimentos de simulação. Os resultados apontados levam a conclusões sobre a ineficiência dos métodos, que validam resultados conflitantes quando comparado a métodos de simulação de outros regulamentos (BRITO et al., 2012; CHVATAL, 2014; SILVA; GHISI, 2014; SORGATO; MELO; LAMBERTS, 2014; OLIVEIRA; SOUZA; DA SILVA, 2017).

Deste modo, ao se comparar métodos diferentes, ainda que para os mesmos parâmetros, resultados tendem a ser discrepantes. Advém, então, a necessidade de maiores estudos sobre os parâmetros e métodos de desempenho térmico e lumínico e sua relação direta. Por esta razão, este trabalho analisa o comportamento destes

desempenhos em conjunto e sua influência sobre a eficiência energética da edificação.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Conforto e desempenho térmico

Diversas definições sobre índices e escalas foram desenvolvidas para identificar as zonas de conforto ideais, embora estas variem de acordo com a localização geográfica e parâmetros utilizados por diferentes autores. Mesmo assim, tais definições buscam estabelecer graus de conforto e/ou desconforto térmico através da reprodução de sensações subjetivas oriundas das variações térmicas (PIRES, 2013). Edificações são projetadas para serem habitadas, e a presença de pessoas, suas atividades e ações interferem na performance do edifício no ponto de vista do ambiente interno e no uso de energia (MAHDAVI, 2011).

A qualidade do ambiente interno, em termos de habitabilidade é drasticamente afetada pela temperatura, humidade e qualidade do ar interior. Isto significa que o conforto térmico é essencial para que os ocupantes possam desenvolver suas atividades (OMRANI et al., 2017).

Por se tratar de um parâmetro de percepção individual, o conforto térmico é definido pela norma brasileira como um estado de satisfação com o ambiente e as suas condições térmicas (ABNT, 2005). Envolve diferentes fatores, que são influenciados por processos físicos, fisiológicos, psicológicos, entre outros (ANTONIADOU; PAPADOPOULOS, 2017; ASHRAE, 2017).

Como na prática as pessoas não podem modificar suas percepções para adaptação a ambientes quentes ou frios, não há diferença conceitual entre condições de conforto no inverno e no verão. Independentemente das condições climáticas externas ou época do ano, é importante que o conforto siga uma faixa estável na qual as pessoas possam realizar suas atividades (ASHRAE, 2017). Ainda assim, é esperado que condições de conforto se alterem durante o dia. As necessidades de conforto dependem do contexto, variando com as condições do ambiente externo e as condições locais (MANU et al., 2016).

As condições de conforto definidas pela Norma de Desempenho (ABNT 2013) são divididas de acordo com as Zonas Bioclimáticas estabelecidas pela ABNT NBR 15.220 (ABNT, 2005). Para isso, a norma designa três níveis de desempenho, mínimo (M), intermediário (I) e superior (S).

O Quadro 1 demonstra os requisitos de conforto da Norma de Desempenho para o verão.

Quadro 1 - Critério de Avaliação de Desempenho Térmico para Condições de Verão

Nível de desempenho	Critério	
	Zonas 1 a 7	Zona 8
M	$T_{i,máx.} \leq T_{e,máx.}$	$T_{i,máx.} \leq T_{e,máx.}$
I	$T_{i,máx.} \leq (T_{e,máx.} - 2^{\circ}\text{C})$	$T_{i,máx.} \leq (T_{e,máx.} - 1^{\circ}\text{C})$
S	$T_{i,máx.} \leq (T_{e,máx.} - 4^{\circ}\text{C})$	$T_{i,máx.} \leq (T_{e,máx.} - 2^{\circ}\text{C})$
<small> $T_{i,máx.}$ é o valor máximo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius. $T_{e,máx.}$ é o valor máximo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius. $T_{i,min.}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius. $T_{e,min.}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius. NOTA Zonas bioclimáticas de acordo com a ABNT NBR 15220-3. </small>		

Fonte: ABNT (2013)

Durante o inverno, a Norma de Desempenho estabelece que as temperaturas internas da edificação devem seguir os requisitos demonstrados no Quadro 2.

Quadro 2 - Critério de Avaliação de Desempenho Térmico para Condições de Inverno

Nível de desempenho	Critério	
	Zonas 1 a 5	Zonas 6, 7 e 8
M	$T_{i,min.} \geq (T_{e,min.} + 3^{\circ}\text{C})$	Nestas zonas, este critério não precisa ser verificado
I	$T_{i,min.} \geq (T_{e,min.} + 5^{\circ}\text{C})$	
S	$T_{i,min.} \geq (T_{e,min.} + 7^{\circ}\text{C})$	
<small> $T_{i,min.}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius. $T_{e,min.}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius. NOTA Zonas bioclimáticas de acordo com a ABNT NBR 15220-3. </small>		

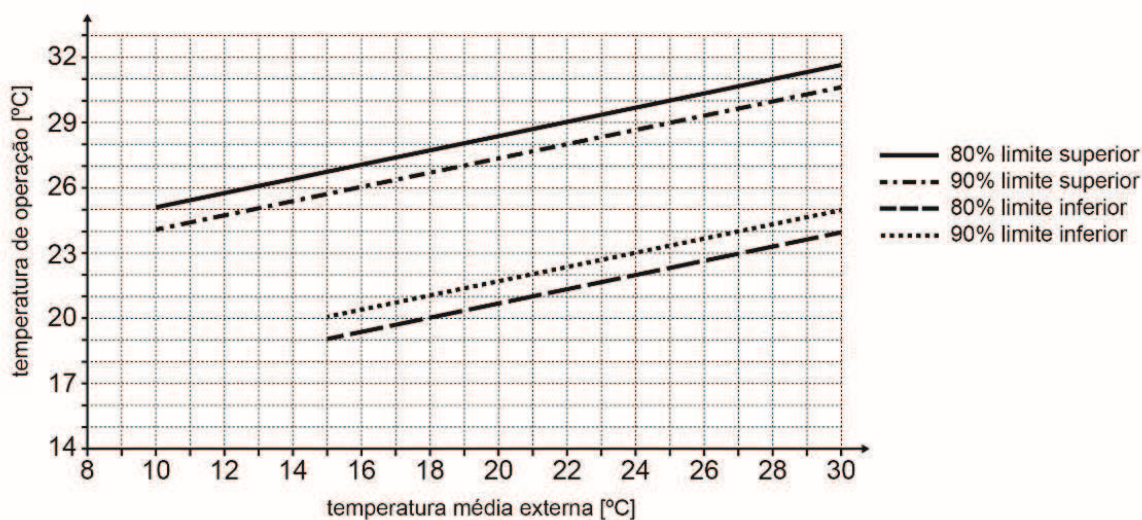
Fonte: ABNT (2013)

Apesar disso, estudos realizados sobre os métodos da Norma de Desempenho indicam sua pouca efetividade devido ao baixo rigor dos níveis de desempenho (BRITO et al., 2012; SOARES; SILVA, 2017), à incoerências entre seus processos de avaliação que podem levar à conclusões equivocadas (CHVATAL, 2014), e a não abrangência de fatores importantes sobre o desempenho térmico das edificações (SORGATO et al. 2014).

A norma americana ANSI ASHRAE 55 (ASHRAE, 2010) especifica as combinações entre os parâmetros ambiente interno e os parâmetros comportamentais

dos usuários. A norma demonstra que a percepção de conforto dos ocupantes depende fortemente da temperatura externa. Para tanto, são estabelecidas faixas de conforto térmico para edificações mecanicamente condicionadas (Gráfico 1). Calculando-se a média entre os valores máximos e mínimos dos limites apresentados, pode-se dizer que a faixa de temperatura de operação fica aproximadamente entre os 21°C e 26°C enquanto que a temperatura externa varia entre 10°C e 30°C.

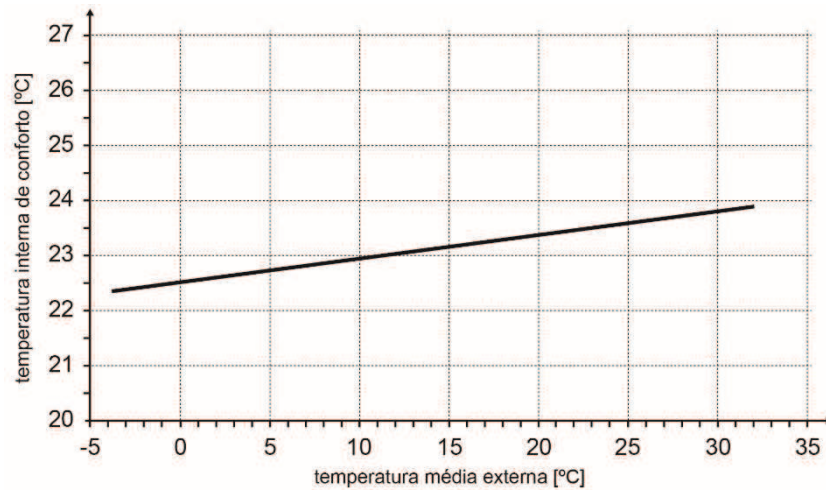
Gráfico 1 – Faixas de conforto térmico segundo ASHRAE 55



Fonte: ASHRAE (2010), adaptado pelo autor

Utilizando as diretrizes do padrão americano, pesquisas internacionais sobre a percepção dos usuários foram realizadas a fim de determinar condições ótimas de conforto (DEAR; BRAGER, 1998; PEETERS et al., 2009; TALEGHANI et al., 2013). Ainda, Dear e Brager (2002) já haviam estabelecido uma relação entre a temperatura interna e a temperatura média externa para ambientes mecanicamente condicionados (Gráfico 2). Nota-se pelo gráfico que os limites de temperatura interna de conforto ficam entre 22°C e 24°C aproximadamente enquanto que a temperatura externa varia entre 4°C negativos e 31°C positivos.

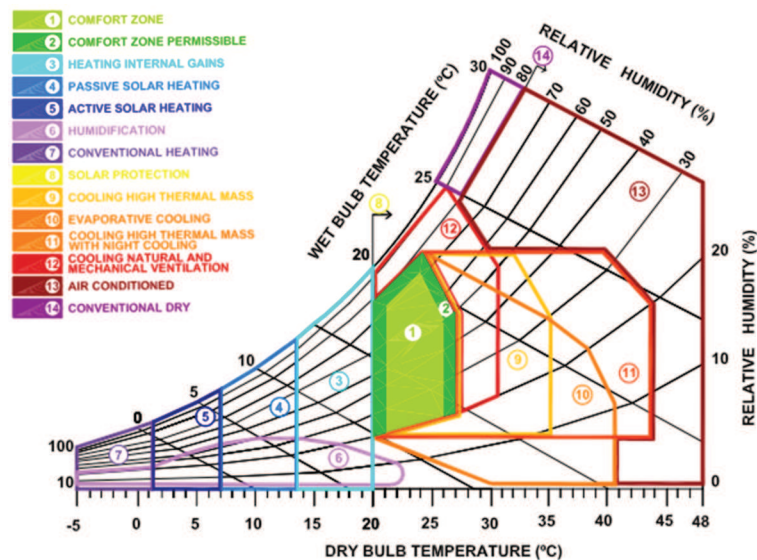
Gráfico 2 – Temperatura interna de conforto



Fonte: Dear e Brager (2002), adaptado pelo autor

Amplamente utilizado em estudos de conforto térmico, o diagrama de Givoni (Gráfico 3) representa diferentes zonas relativas a temperatura e umidade (MANZANO-AGUGLIARO et al., 2015).

Gráfico 3 - Gráfico Psicrométrico adaptado de Givoni



Fonte: Manzano-Aglugliaro et al. (2015)

A Zona 1, correspondente à Zona de Conforto, representa a relação ideal entre temperatura e umidade. Para umidade relativa entre 20% e 50%, as temperaturas limites de conforto são de 21°C e 26°C. Na umidade relativa de até 80%, as temperaturas de conforto ficam entre 21°C e 24°C. Isto corrobora as pesquisas de

Dear e Brager (2002), Peeters et al. (2009) e Taleghani et al. (2013), onde uma faixa restrita de temperatura mostra-se ideal mesmo para diferentes temperaturas externas.

Ainda que existam diferenças entre diversos estudos e normativas, pode-se concluir que o conforto dos usuários é compreendido dentro de uma faixa não muito ampla que pode variar entre temperaturas levemente frias, neutras ou levemente quentes. Ao comparar as mudanças necessárias na composição da edificação, sejam elas de material, estrutura ou instalações, uma condição importante é o manutenção da qualidade do ambiente e do conforto térmico.

2.1.1 Parâmetros de desempenho térmico da edificação

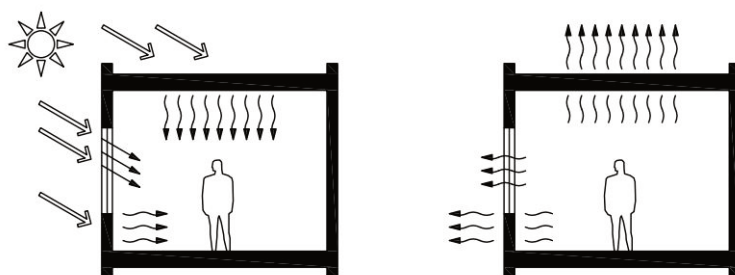
Na busca pela caracterização da performance da edificação e de seus sistemas construtivos, análises de desempenho são comumente utilizadas, confrontando o comportamento observado com requisitos previamente estabelecidos. Por se tratar de uma aferição em relação ao conforto, é importante a categorização de critérios para que a performance possa, de fato, ser avaliada (KUHN, 2017).

Os critérios de eficiência de uma edificação passam pelas características de seus sistemas e de seus parâmetros de desempenho, que correspondem aos materiais e às técnicas construtivas da envoltória, em união com características tipológicas da edificação como orientação solar, área, tipo de uso, entre outros.

A envoltória, interface que separa os ambientes internos e externos de edificações, é composta pelos Sistemas de Cobertura (SC) e pelos Sistemas de Vedação Vertical (SVV). Ambos sofrem grande influência da exposição direta à radiação solar, influenciando também na transmissão de carga térmica entre os ambientes internos e externo.

As trocas de calor através dos Sistemas de Cobertura atingem principalmente edificações térreas e o último pavimento de edificações verticais. Já os Sistemas de Vedação Vertical influenciam nas trocas de calor que ocorrem no perímetro externo da edificação como um todo, conforme a Figura 1 (CARMODY et al., 2004).

Figura 1 – Trocas de calor pela envoltória



Fonte: Carmody et al. (2004), adaptado pelo autor

Estudos apontam para a influência do envelope da edificação sobre o conforto e desempenho (OLIVEIRA; SOUZA; DA SILVA, 2017; PIRES et al., 2012) podendo representar até 80% das soluções bioclimáticas empregadas em projeto (CHI; MORENO; NAVARRO, 2017). A radiação admitida através de suas aberturas pode causar alterações substanciais na qualidade do ambiente interno, atuando sobre a temperatura do ar e superfícies (EVOLA; GULLO; MARLETTA, 2017). O ganho de calor durante o verão poder ser prejudicial, contribuindo com o aumento das cargas de refrigeração, entretanto, tal efeito pode ser positivo durante o inverno. Para minimizar os efeitos da incidência solar direta, estratégias passivas de conforto podem ser empregadas, atrelando à envoltória aspectos de eficiência térmica (CARLUCCI et al., 2015).

O objetivo é atingir a máxima eficiência da edificação, levando em consideração as restrições que envolvem o processo de projeto e construção, bem como as normativas vigentes. Dentre as inúmeras combinações para composição da envoltória, deve-se escolher aquelas que melhor minimizem a transmissão de calor sem violar quaisquer restrições ou requisitos de projeto (SOLER; SALANDIN; MICÓ, 2017).

Os sistemas da edificação devem cumprir com níveis mínimos de transferência de energia (CARMODY et al, 2004; GHISI; TINKER, 2005; OLIVEIRA; SOUZA; DA SILVA, 2017). Quanto a isso, a Norma de Desempenho brasileira, a ABNT NBR 15.575, define que os sistemas empregados na construção devem apresentar Transmitância Térmica (U), Capacidade Térmica (CT) e Absortância à radiação solar (α) suficientes para alcançar o nível mínimo de performance estabelecido (ABNT, 2013).

Os valores de Transmitância Térmica e Absortância são determinados pela Norma de Desempenho para o Sistemas de Vedação Vertical de acordo com as Zonas

Bioclimáticas estabelecidas pela ABNT NBR 15.220 (ABNT, 2005), e estão apresentados no Quadro 3.

Quadro 3 - Transmitância Térmica dos SVV

Transmitância térmica U [W/m ² K]		
Zonas 1 e 2*	Zonas 3 a 8*	
U ≤ 2,5	α** ≤ 0,6	α** > 0,6
	U ≤ 3,7	U ≤ 2,5
* Zonas Bioclimáticas descritas no item 2.4 Arquitetura Bioclimática ** α é a absorptância à radiação solar da superfície externa da parede		

Fonte: ABNT (2013)

Para os Sistemas de Cobertura, a Norma de Desempenho determina os valores de Transmitância Térmica e Absortância apresentados o Quadro 4.

Quadro 4 - Transmitância Térmica dos SC

Transmitância térmica (U) [W/m ² K]					
Zonas 1 e 2*	Zonas 3 a 6*		Zonas 7 e 8*		Nível de Desempenho
U ≤ 2,3	α** ≤ 0,6	α** > 0,6	α** ≤ 0,4	α** > 0,4	M
	U ≤ 2,3	U ≤ 1,5	U ≤ 2,3 FV	U ≤ 1,5 FV	
U ≤ 1,5	α** ≤ 0,6	α** > 0,6	α** ≤ 0,4	α** > 0,4	I
	U ≤ 1,5	U ≤ 1,0	U ≤ 1,5 FV	U ≤ 1,0 FV	
U ≤ 1,0	α** ≤ 0,6	α** > 0,6	α** ≤ 0,4	α** > 0,4	S
	U ≤ 1,0	U ≤ 0,5	U ≤ 1,0 FV	U ≤ 0,5 FV	
* Zonas Bioclimáticas descritas no item 2.4 Arquitetura Bioclimática ** α é a absorptância à radiação solar da superfície externa da cobertura					

Fonte: ABNT (2013)

Já a Capacidade Térmica dos materiais determinada pela Norma de Desempenho também é atrelada à Zona Bioclimática na qual o projeto se encontra. Neste caso, o critério para validação do sistema é mais simples, representado pelo valor exibido no Quadro 5.

Quadro 5 - Capacidade Térmica dos SVV

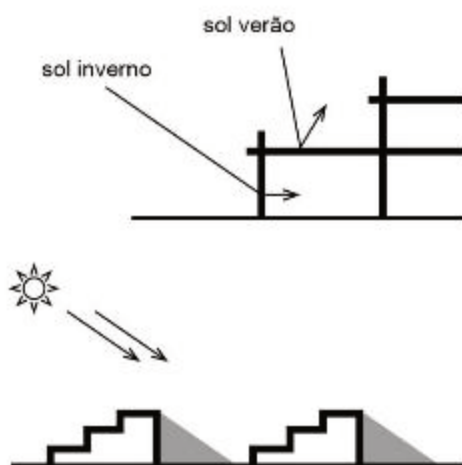
Capacidade térmica (CT) [kJ/m ² K]	
Zonas 1 a 7*	Zona 8*
≥ 130	Sem requisito
* Zonas Bioclimáticas descritas no item 2.4 Arquitetura Bioclimática	

Fonte: ABNT (2013)

2.2 Conforto e desempenho lumínico

A iluminação natural é um importante aspecto de projetos arquitetônicos, influenciando seu arranjo funcional e espacial, sendo determinante conforto lumínico e visual dos usuários (LI et al., 2006). A influência do sol pode gerar efeitos positivos ou negativos, dependendo da sua orientação, do seu ângulo de incidência e das temperaturas internas e externas da edificação (CARMODY et al., 2004; PIRES, 2013). É determinante para grande parte dos projetos e para o ambiente urbano (Fig. 2) (MURGUL; VATIN; ZAYATS, 2015).

Figura 2 - Incidência solar sobre edificações

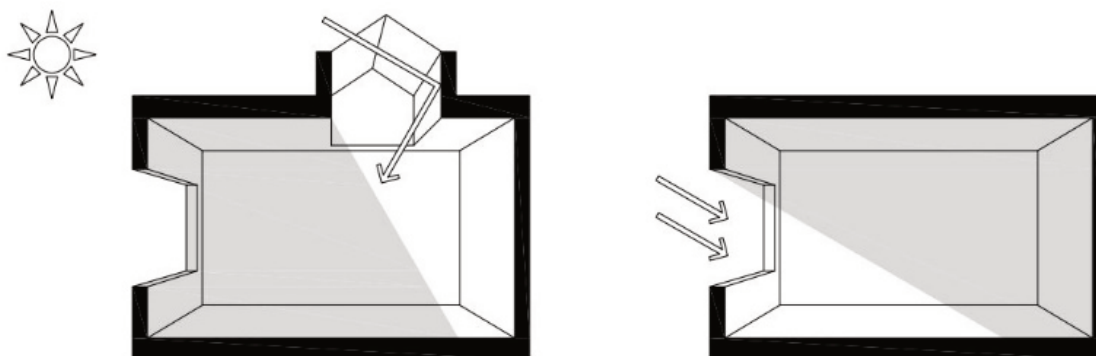


Fonte Murgul, Vatin, Zayats (2015)

Existem dois tipos básicos de sistemas de iluminação natural: (a) aberturas horizontais, posicionadas junto à cobertura; e (b) aberturas verticais, posicionadas nas fachadas (Fig. 3) (CARMODY et al., 2004). De acordo com a norma (ABNT, 2013), as janelas são aberturas nos Sistemas de Vedação Interna e Externa (SVVIE) que

possuem limite inferior acima do nível do piso e que permitam a passagem de luz, radiação solar e ventilação, possibilitando uma ligação visual com o exterior.

Figura 3 – Sistemas de iluminação horizontal e vertical



(a) abertura horizontal na cobertura

(b) abertura vertical na fachada

Fonte: Carmody et al (2004), adaptado pelo autor

O conforto lumínico compreende fatores como o comportamento dos usuários e suas atividades, a quantidade de luz natural e a necessidade de iluminação artificial. A satisfação com a iluminação dos ambientes engloba fatores sensoriais subjetivos relativos à quantidade e qualidade de luz necessárias para realização de tarefas (HWANG; KIM, 2011).

De acordo com estudos, pessoas tendem a preferir a luz natural, tanto em ambientes de vivência como de trabalho (KIM; KIM, 2011; NAZZAL, 2005). A mudança de direção, intensidade e cor são estimulantes e conectam as pessoas ao ambiente externo. Isto implica em benefícios para saúde e bem-estar dos ocupantes, envolvendo aspectos fisiológicos, emocionais e psicológicos (CARMODY et al., 2004).

Hoes et al., (2009) e Boerstra et al., (2012) atentam para as ações e reações por parte dos usuários, da busca pela iluminação natural, do controle sobre sua incidência, e pela eventual utilização de sistemas artificiais de iluminação que consomem energia. Em razão da falta de controle sobre a luz natural incidente nos ambientes internos, o desconforto visual causado é comumente compensado com o uso de dispositivos de sombreamento internos como persianas ou cortinas. Isto prejudica o nível de iluminação, que se torna insuficiente, provocando o uso da luz artificial.

O acréscimo de horas de luz artificial pode indicar más condições de conforto visual no que diz respeito à luz natural (XUE; MAK; CHEUNG, 2014). Deste modo, assim como a luz natural excessiva pode gerar desconforto, níveis de iluminação natural baixos podem determinar o uso desnecessário da luz artificial mesmo durante o dia (EVOLA; GULLO; MARLETTA, 2017).

Em pesquisa com 464 participantes, Xue, Mak e Cheung (2014) investigaram os efeitos da luz sobre o nível de satisfação e comportamento humano. Seus resultados demonstram que a exposição à luz artificial em períodos prolongados diminuí consideravelmente a satisfação e bem-estar, enquanto que a luz natural auxilia nas sensações de conforto.

A fim de delimitar os fatores de maior importância da luz natural sobre o conforto visual dos usuários, Carlucci et al., (2015) e Giarma, Tsikaloudaki e Aravantinos (2017) investigaram diversos sistemas e normativas internacionais. As pesquisas identificaram que, dentre os principais fatores, estão: os níveis de iluminação, a uniformidade da luz, a intensidade do brilho, o controle sobre a incidência de luz e o acesso as vistas externas. Isto pode ser interpretado de modo que, não somente a luz natural deve estar disponível, mas que também as aberturas da edificação por onde será admitida devem proporcionar controle e acesso visual aos ambientes externos.

A quantidade de luz, ou Iluminância, corresponde possivelmente como principal fator de importância em relação ao conforto lumínico. Por sua natureza, sofre alterações ao longo do dia e do ano, e pode variar de acordo com a localização da edificação. Maiores quantidades de luz natural significam maior intensidade de brilho, podendo causar ofuscamento (CARMODY et al., 2004).

O brilho é resultado de uma fonte de luz muito intensa, a qual os olhos não estão adaptados, causando desconforto ou debilidade. O brilho direto é causado quando a pessoa olha diretamente para a fonte de luz, enquanto que o indireto ocorre pela reflexão de luz pelas superfícies. Para evitá-lo, é necessária uma distribuição uniforme, que contribuí para evitar o estresse visual devido a adaptações oculares frequentes entre áreas com grande contraste (CARMODY et al., 2004; ALRUBAIH et al., 2013; HWANG; KIM, 2011).

Existem diversas métricas para aferição do desempenho lumínico, embora nenhuma delas seja capaz de descrever a totalidade dos fatores envolvidos no conforto visual (CARLUCCI et al., 2015).

2.2.1 Parâmetros de desempenho para iluminação natural de ambientes internos

O desempenho lumínico sofre influências de diversas fontes, tanto internas como externas à edificação. Internamente, fatores como a área e formato dos ambientes, a orientação solar, o tipo e tamanho de aberturas, e as cores das superfícies são determinantes. Neste sentido, as aberturas nas fachadas são o principal meio de penetração da luz natural para o interior da edificação (LI et al., 2006).

De acordo com a Norma de Desempenho (ABNT, 2013), o interior da edificação deve receber uma quantidade de luz natural suficiente. A Iluminância sobre o plano de trabalho tem um grande impacto no quão ágil, seguras e confortáveis são as percepções dos usuários durante uma determinada tarefa. Alguns fatores como o tipo de tarefa, a acuidade visual necessária, a idade do ocupante e as reflexões do ambiente possuem influência direta nos níveis de iluminância necessários. Os níveis de Iluminância requeridos pela norma nos ambientes internos da edificação estão descritos no Quadro 6.

Quadro 6 – Níveis de iluminância

Dependência	Iluminância [lux]		
	M	I	S
Sala de estar Dormitório Copa Cozinha Área de serviço	≥ 60	≥ 90	≥ 120
Banheiro corredor ou escada interna à unidade corredor de uso comum (prédios) escadaria de uso comum (prédios) garagens e estacionamentos demais ambientes	Não requerido	≥ 30	≥ 45

Fonte: ABNT (2013)

Entretanto, a iluminação natural apresenta grande variação. A determinação do desempenho através de números absolutos pode não traduzir a real situação. Deste modo, para medir o potencial de luz solar, Nabil e Mardaljevic (2006) propuseram uma métrica de análise baseada na quantidade de luz disponível, a *Useful Daylight Illuminance* (UDI). O método determina a frequência de horas no período de um ano

em que os níveis de iluminação natural da edificação ficam dentro de uma determinada faixa de iluminação, de 100 a 2000 lux. A faixa usada para definir os limites da UDI é baseada em uma revisão abrangente dos dados sobre o conforto dos usuários:

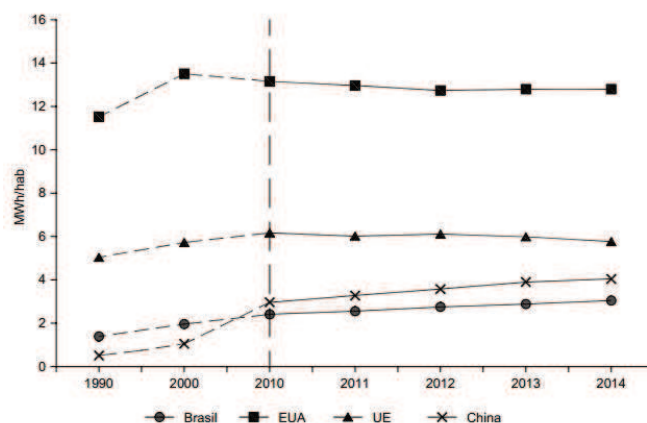
- 100 lux ou menos: geralmente considerado insuficiente, tanto pela falta de iluminação necessária ou pela necessidade de compensação com iluminação artificial;
- 100 – 500 lux: considerada efetiva como única fonte de luz ou com mínima compensação com iluminação artificial;
- 500 – 2000 lux: geralmente percebido como desejável ou menos tolerável;
- 2000 lux ou mais: provável sensação de desconforto, tanto visual como térmico.

Dentro destas faixas, a iluminação ainda deve estar uniformemente distribuída nos ambientes da edificação. Uma boa distribuição contribui para evitar estresse visual devido a adaptações oculares frequentes entre áreas iluminadas e áreas insuficientes (ALRUBAIIH et al., 2013; HWANG; KIM, 2011). Uma distribuição homogênea é desejável tanto para períodos quentes quanto para períodos frios. De fato, existem diversos fatores a serem considerados, como: a configuração das aberturas, o posicionamento da edificação, a localização geográfica e a disponibilidade de luz solar ao longo do ano (KIRIMTAT et al., 2016).

2.3 Eficiência energética nas edificações

O consumo de energia elétrica das edificações representa uma grande fatia da produção nacional. Somente o setor de uso residencial representa cerca de 26% do consumo total, quantia equivalente a soma dos setores comerciais e públicos, com cerca de 17% e 8% respectivamente. Os valores per capita entre os anos de 1990 a 2014 (Gráfico 4) demonstram um aumento relevante no consumo brasileiro em comparação aos números dos Estados Unidos e União Europeia (BRASIL, 2017).

Gráfico 4 - Consumo de eletricidade per capita



Fonte: Brasil (2017)

Em virtude do aumento do consumo, estratégias de eficiência energética tornaram-se uma prioridade na construção civil (OMRANI et al., 2017). Isto porque a eficiência energética, considerada como uma prática de projeto e construção, reduz significativamente o impacto ambiental das edificações (CARVALHO; SPOSTO, 2012).

De modo geral, a eficiência energética pode ser entendida como o uso racional e controlado da energia elétrica para obtenção de um serviço. Para edificação, esta redução não significa somente a diminuição de custos, mas sim a mitigação do consumo de energia através de estratégias sustentáveis que proporcionem conforto ambiental (PIRES, 2013). Uma edificação é mais eficiente quando entrega mais serviços com o mesmo gasto de energia, ou os mesmos serviços com um gasto reduzido. Para isto, existem diferentes estratégias de projeto, sistemas e materiais da envoltória (SOLER; SALANDIN; MICÓ, 2017).

Do ponto de vista da unidade habitacional, os sistemas de iluminação e condicionamento de ar exercem grande influência sobre o consumo de energia. A economia de energia de iluminação pode ser obtida através de dispositivos de iluminação mais eficientes ou melhor aproveitamento da iluminação natural nos prédios (ALRUBAIIH et al., 2013; GHISI; TINKER, 2005). Além da diminuição do consumo de energia, o aproveitamento da luz natural pode amenizar também os ganhos internos de calor pelo sistema de iluminação artificial (GHISI; TINKER; IBRAHIM, 2005; PASSOS; LAMENHA; CABÚS, 2014).

Além dos sistemas internos, a eficiência energética da edificação é fortemente influenciada pelas características da envoltória (YU et al., 2015). Através de um projeto

adequado da envoltória, pode-se reduzir em até 33% cargas anuais (FUTRELL; OZELKAN; BRENTROP, 2015), enquanto que, para habitações sociais, estratégias bioclimáticas integradas ao projeto da edificação apresentaram uma redução de 47% do consumo total de energia sem que nenhum dos componentes ou sistemas elétricos fosse modificado (ASSIS et al., 2005).

Idealmente, o aproveitamento da luz e radiação solar deve beneficiar tanto o desempenho térmico quanto o desempenho lumínico, gerando maior economia no consumo de energia elétrica. Para atingir altos níveis de eficiência energética, podem-se utilizar estratégias de projeto, condicionando o uso dos sistemas artificiais de iluminação, aquecimento e resfriamento (OKEIL, 2010). Neste sentido, estratégias passivas que utilizam ao mínimo ou nenhuma energia devem ser exploradas afim de promover a sustentabilidade nas edificações (MANZANO-AGUGLIARO et al., 2015).

2.5 Propriedades das aberturas nas fachadas

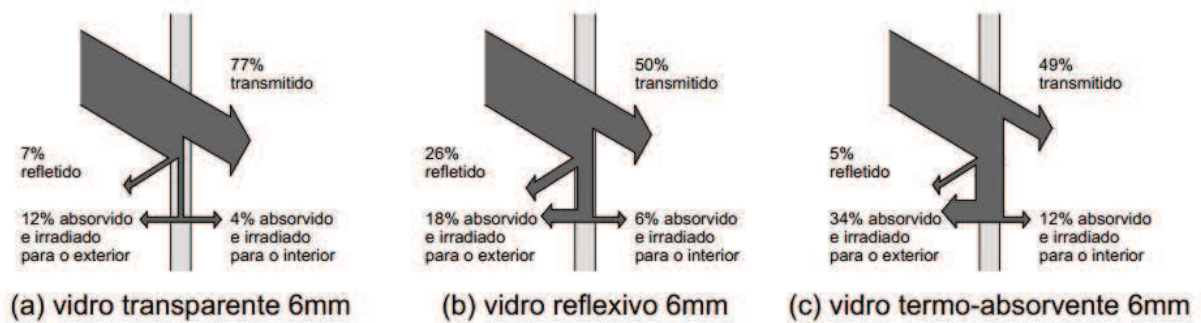
Aberturas laterais proporcionam contato visual com o exterior e permitem a entrada de luz no interior da edificação. De certa forma, quando maior a abertura, maior será a quantidade de luz no ambiente. Entretanto, o formato e posição das janelas não garantem por si só um desempenho satisfatório (DIDONÉ, 2009).

O conforto térmico e lumínico é grandemente influenciado pelas aberturas da envoltória. Suas propriedades e elementos translúcidos representam grandes desafios. Neste sentido, a janela representa uma vulnerabilidade, já que as áreas envidraçadas possuem valores de transmitância muito altos quando comparados com elementos opacos (KUHN, 2017).

2.5.1 Propriedades de elementos translúcidos

A maioria das janelas consiste em componentes de esquadria e vidro. Os vidros podem ser painéis simples ou múltiplos, com películas ou gases em seu interior. A combinação de elementos translúcidos tende a aumentar a capacidade de isolamento, absorvendo, irradiando ou refletindo a radiação (Fig. 4) (CARMODY et al., 2004).

Figura 4 – Exemplo de transmissão de energia solar através dos vidros

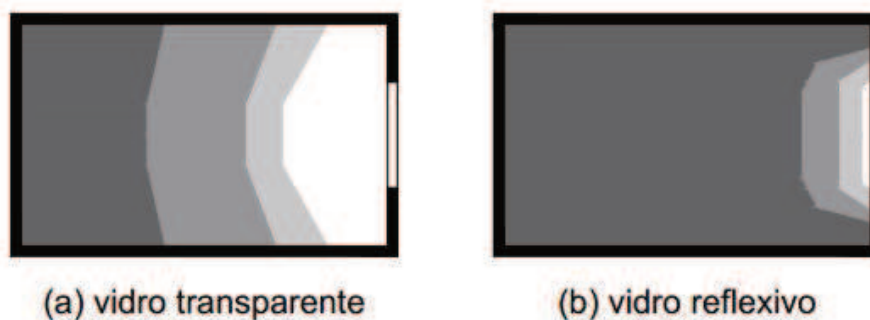


Fonte: Carmody et al. (2004), adaptado pelo autor

Vidros simples normalmente apresentam Transmitância Térmica elevada, acima de $5,0\text{W/m}^2\text{K}$, enquanto que combinações de painéis de vidro com películas ou gases podem apresentar valores de transmitância abaixo de $0,5\text{W/m}^2\text{K}$ (HEE et al., 2015).

Aberturas na fachada não só permitem a entrada de calor, mas também de iluminação natural nos ambientes. Diferentes composições dos elementos translúcidos podem afetar a quantidade de luz em um espaço. Vidros transparentes, simples ou duplos, permitem maior penetração da luz. Já vidros com películas que repelem o calor também refletem a luz, diminuindo os níveis de iluminação no interior (Fig. 5) (CARMODY et al., 2004).

Figura 5 – Exemplo de penetração de luz natural através diferentes tipos de vidros



Fonte: Carmody et al. (2004), adaptado pelo autor

2.5.2 Dimensionamento das aberturas

O dimensionamento das aberturas é um aspecto primário do projeto de arquitetura bioclimática. Para locais de clima quente, quanto maior a área, maior é o ganho de calor interno oriundo da radiação solar (THALFELDT; KURNITSKI; VOLL, 2016). Já em locais de clima frio e com baixa incidência solar, aberturas grandes não tem impacto negativo no aquecimento (PERSSON; ROOS; WALL, 2006).

A NBR 15220 (ABNT, 2005) baliza o tamanho das aberturas em relação à área do piso, conforme o Quadro 7.

Quadro 7 – Tamanho das aberturas em relação a área do piso

Tamanho das aberturas	Área [% da área do piso]
Pequenas	$10\% < A < 15\%$
Médias	$15\% < A < 25\%$
Grandes	$A > 40\%$

Fonte: ABNT (2005)

Já segundo a Norma de Desempenho (ABNT, 2013), o dimensionamento de aberturas deve ser calculado pela razão entre a área efetiva da abertura (A_a) e a área do piso interno (A_p) (Eq. 2).

$$A = 100 \times (A_a/A_p) [\%] \quad \text{Eq. 1}$$

Para dormitórios e salas de estar, a norma (ABNT, 2013) determina a área mínima das aberturas, como mostrado no Quadro 8.

Quadro 8 - Área mínima das aberturas em dormitórios e salas de estar

Nível de desempenho	Área das aberturas (A)	
	Zonas 1 a 7 Aberturas médias	Zona 8 Aberturas grandes
Mínimo	$A \geq 7\%$ da área do piso	$A \geq 12\%$ da área do piso – região norte do Brasil $A \geq 8\%$ da área do piso – região nordeste e sudeste do Brasil

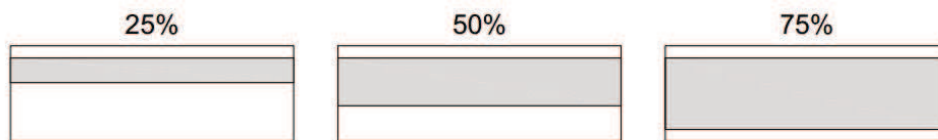
Fonte: ABNT (2013)

Embora as normas especifiquem o tamanho das aberturas em relação à área de piso, diversos estudos tratam o dimensionamento através do *Window-to-Wall Ratio* (WWR), ou Percentual de Abertura das Fachadas. Este percentual é calculado pela relação entre a área da abertura (Aa) em relação a área da fachada (Af) do ambiente (Eq. 3)

$$\text{WWR} = 100 \times (\text{Aa}/\text{Af}) [\%] \quad \text{Eq. 2}$$

Em estudo, Didoné (2009) variou o tamanho das aberturas de acordo com o WWR a taxas de 25%, 50% e 75% (Fig. 6). A variância dimensional se deu na altura da abertura, mantendo a dimensão de largura fixa.

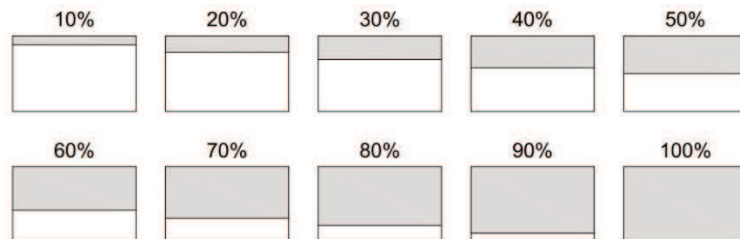
Figura 6 – Variação dimensional a taxas de 25%



Fonte: Didoné (2009)

Semelhante, o estudo de Ghisi e Tinker (2005) variou a dimensão das aberturas a taxas de 10% variáveis entre 0% e 100% (Fig. 7). Seus resultados demonstram que, para um cômodo situado na ZB 3, e com dimensões de largura e profundidade nas proporções 1:1, a taxa ideal para área de aberturas é de 21%.

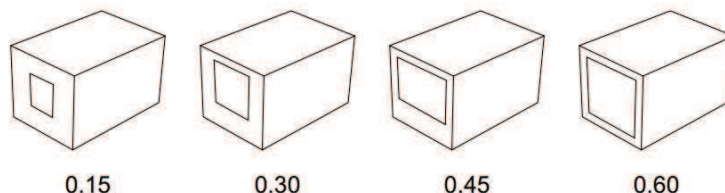
Figura 7 – Variação dimensional a taxas de 10%



Fonte: Ghisi e Tinker (2005)

Enquanto que Carmody et al. (2004) variaram a dimensão das aberturas a taxas de 15% (Fig. 8). Seus resultados demonstram uma relação direta do tamanho da abertura com a quantidade de luz ingressa nos ambientes.

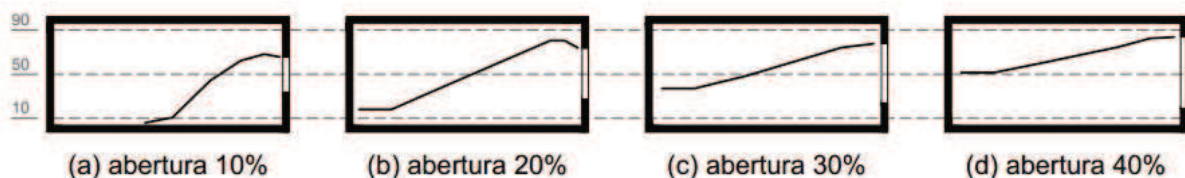
Figura 8 - Variação dimensional a taxas de 15%



Fonte: Carmody et al. (2004)

A quantidade de luz e sua distribuição é decorrente do posicionamento e dimensão da abertura. Quanto maior o vão, maior será a quantidade de luz, bem como melhor será a sua distribuição (Fig. 9) (ACOSTA; CAMPANO; MOLINA, 2016).

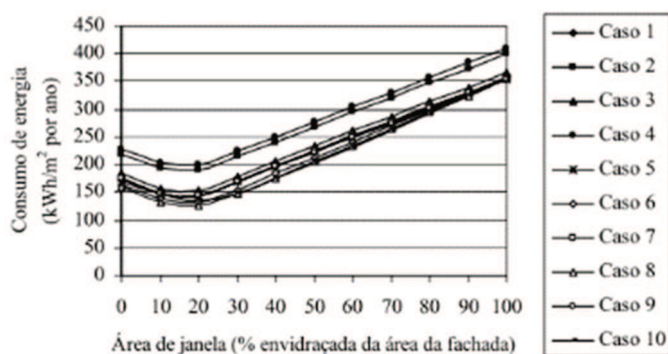
Figura 9 – Penetração de luz natural através de diferentes aberturas



Fonte: Acosta, Campano e Molina (2016), adaptado pelo autor

Em outro estudo sobre as dimensões das janelas, Ghisi, Tinker e Ibrahim, (2005) identificaram para dez casos que taxas entre 0% e 25% diminuem o gasto com iluminação artificial, e que taxas superiores a 30% ocasionam um aumento considerável no consumo de energia com resfriamento (Gráfico 5).

Gráfico 5 - Consumo de energia versus área da janela



Fonte: Ghisi, Tinker e Ibrahim (2005)

A variação destes elementos em estudos sobre o consumo de energia em edificações demonstra a relevância que as aberturas possuem. Sendo assim, a influência das características das aberturas sobre o conforto e eficiência energética de uma edificação é comprovado e deve ser ponto focal de estratégias passivas de aquecimento, resfriamento e iluminação natural.

2.6 Habitação de interesse social

A finalidade primordial da habitação é prover aos indivíduos condições de abrigo, privacidade e conforto no atendimento das funções básicas de uma residência (OLIVEIRA, 2016; SOUSA, 2017). E, embora o caráter dos conjuntos habitacionais favoreça uma certa generalização em termos construtivos e comerciais, para cada região do país existem particularidades que influenciam nas características dos projetos, suas tipologias, implantação, materiais e sistemas. Ainda assim, o programa mínimo da habitação é consolidado, sendo constituído, em sua maioria, por seis funções: o dormitório de casal, um dormitório para dois filhos, cozinha, sala de estar e jantar, banheiro, e espaço para área de serviço.

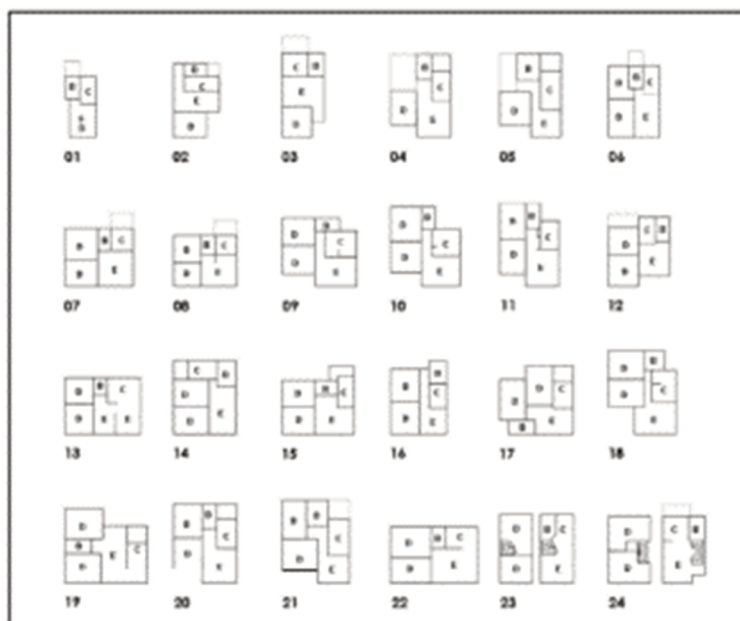
A preservação da qualidade da Habitação de Interesse Social (HIS) frente ao controle dos custos é decisiva, visto que o padrão da construção propicia uma relativa otimização dos processos produtivos. Trata-se de um equilíbrio entre aspectos financeiros e de desempenho a fim de assegurar níveis de conforto mínimos ao menor custo (MAYER, 2012).

Partindo-se do pressuposto que os conjuntos habitacionais são projetados para cumprir os requisitos Norma de Desempenho (ABNT, 2013), o conforto dos usuários passa a ser um requisito de projeto. Visto o baixo poder aquisitivo da população residente em habitações de interesse social, estratégias passivas de conforto tornam-se extremamente relevantes, tanto na manutenção das condições internas quanto na redução do consumo de energia.

2.6.1 Configuração espacial para habitação de interesse social

A configuração espacial para HIS é comum a diversos estudos. Em pesquisa sobre as configurações espaciais de HIS na Região Metropolitana de Porto Alegre, Mayer (2012) utilizou um corpus de estudo constituído de 24 projetos realizados para diferentes tipologias, tanto unifamiliares como multifamiliares (Fig. 10).

Figura 10 – Configurações espaciais HIS



Fonte: Mayer (2012)

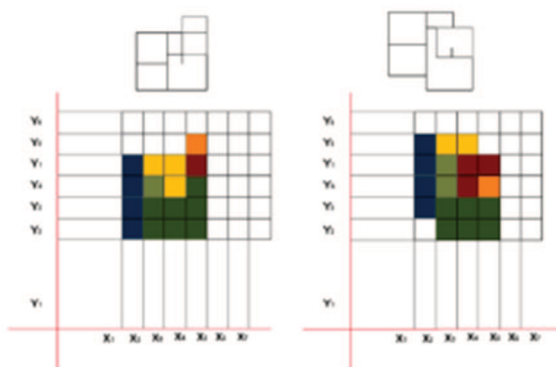
A partir da caracterização, a autora identificou os arranjos funcionais, apontando para configurações comuns em termos programáticos. Dentre os itens, destacam-se:

a) A dimensão das fachadas, que comportam um máximo de dois compartimentos com aberturas para o exterior, sendo um deles de acesso à residência;

- b) A cozinha sempre posicionada junto à fachada dos fundos;
- c) Zoneamento de usos com o grupamento de atividades: dormitórios agrupados, e núcleo de serviços;
- d) Predominância de ambientes conjugados: sala de estar, jantar e cozinha, ou cozinha e área de serviço;
- e) Economia de circulação e paredes;
- f) Todos compartimentos com abertura para o exterior, exceto casos de banheiro com ventilação mecânica.

A derivação adimensional modular deste processo (Fig. 11) é a resultante de um modelo genérico da topologia da HIS. As cores e letras correspondem às funcionalidades do programa mínimo, onde: AZUL representa dormitórios; VERDE, representa a sala de estar e jantar; AMARELA representa o banheiro; e VERMELHO representa a cozinha e serviço.

Figura 11 – Derivação adimensional do modelo topológico

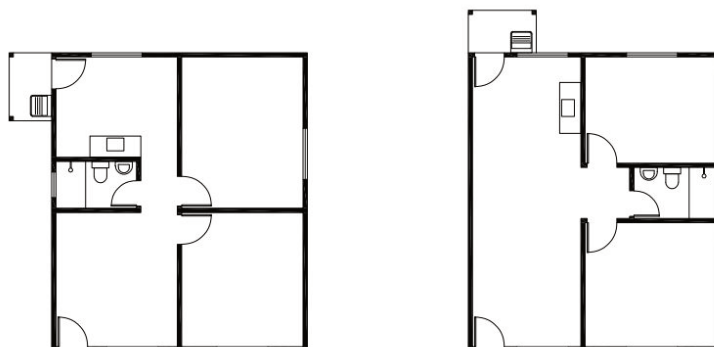


Fonte: Mayer (2012)

O modelo representa a configuração topológica comum entre todo corpus de estudo. A combinação de compartimentos, embora para diferentes tipologias, é referida em outros estudos sobre HIS (ASSIS et al., 2005; BARBOZA et al., 2011; BRANDÃO, 2011; BRITO et al., 2012; CAIXA, 2017; CHVATAL, 2014; MORENO; MORAIS; SOUZA, 2017; OLIVEIRA, 2016; PASSOS; LAMENHA; CABÚS, 2014; PEREIRA, 2005; SILVA; GHISI, 2014; SOARES; SILVA, 2017; SORGATO; MELO; LAMBERTS, 2014; SOUSA, 2017; TRIANA; LAMBERTS; SASSI, 2015).

Tais estudos corroboram a utilização do projeto padrão elaborado pela CAIXA (2017), entidade governamental de apoio financeiro para programas de habitação social, ainda que sob certas adaptações espaciais (Fig. 12).

Figura 12 – Exemplos de configuração HIS



Fonte: CAIXA (2017)

A partir do modelo, novas dimensões podem ser testadas, gerando uma quantidade de alternativas. Essas escolhas ampliam o universo de soluções de projeto que buscam atender os requisitos dos usuários.

2.7 Modelagem e simulação computacional

A modelagem computacional permite a construção virtual de diferentes cenários, tecnologias e processos. De fato, para certas tecnologias, a simulação é indispensável para avaliar sua performance. Baseado na simulação, é possível prever com certa precisão o seu comportamento ao longo da vida útil. Em termos de custo e tempo, torna-se mais viável a construção de um modelo equivalente à realidade onde seja possível testar configurações alternativas.

De forma genérica, o modelo é uma descrição esquemática de um sistema que explica suas propriedades conhecidas e inferidas, e é utilizado para o estudo e detalhamento de tais características. Neste âmbito, a simulação é o exercício no qual o modelo é testado e suas variáveis são alteradas para determinar seus efeitos. O modelo, então, é necessário para predição de aspectos do comportamento de determinado sistema (CRAWLEY, 2008). Em resumo, modelos descrevem a realidade, enquanto que simulações permitem a avaliação de atributos físicos e operacionais de um projeto, bem como o desempenho dos seus sistemas, para diferentes situações.

A performance depende em muito do entendimento sobre as interações de uma diversidade de características (LI et al., 2006). Neste sentido, a simulação é especialmente útil para o projeto arquitetônico, visto que os parâmetros podem

apresentar interações complexas com o ambiente, mudando suas características para diferentes períodos (YU; SU, 2015). Com o avanço das simulações computacionais, avaliações de desempenho termo lumínico e energético auxiliam nas decisões para um projeto mais eficiente.

Considera-se que o setor residencial da construção tem um grande potencial para avançar neste campo. Por esta razão, é relevante analisar os requisitos de desempenho térmico do edifício e destacar os problemas de melhoria dos processos de projeto e construção (OLIVEIRA; SOUZA; DA SILVA, 2017).

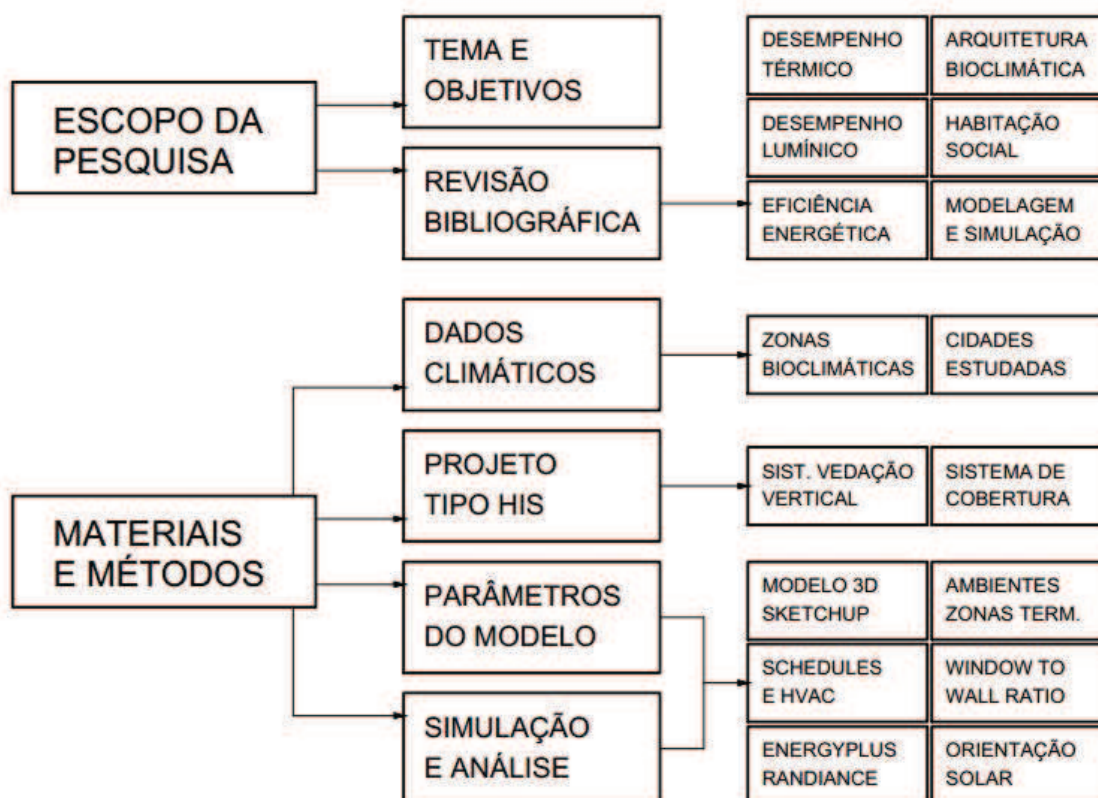
Em comparação à experimentação real, as vantagens deste método estão calcadas na redução de custos e tempo do processo de análise, e na diversidade que se pode alcançar com combinações de diferentes sistemas.

3 METODOLOGIA

O trabalho estuda a relação entre parâmetros de conforto térmico e lumínico. Para isso, fundamenta-se no método de estudo de caso. O impacto dos parâmetros sobre a eficiência energética da edificação estudada é analisado através de modelagem e simulação computacional. A modelagem permite a representação das características construtivas do projeto e a simulação de diferentes cenários. O processo de simulação viabiliza a criação e experimentação de soluções técnicas.

Em síntese, a análise é desenvolvida a partir da modelagem, simulação e análise de um estudo de caso, para diferentes características e climas, conforme apresentado na estrutura da Figura 13.

Figura 13 – Estrutura da Pesquisa

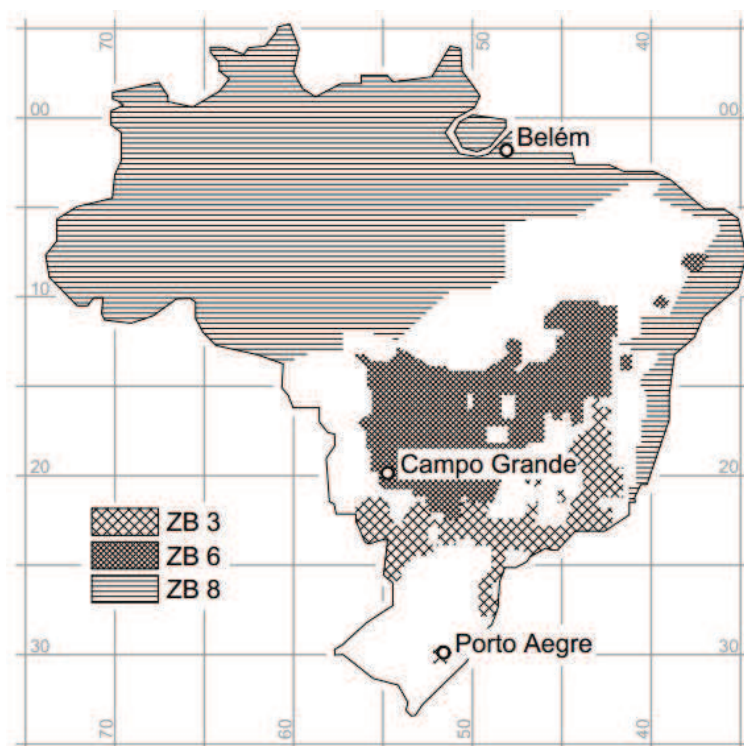


Fonte: elaborado pelo autor

3.1 Dados climáticos

Neste estudo, são utilizados dados de três climas preponderantes do Brasil de três capitais. Porto Alegre (RS, região Sul), Campo Grande (MS, região Centro-Oeste) e Belém (PA, região Norte). De acordo com classificação da NBR 15520 (ABNT, 2005), as Zonas Bioclimáticas correspondentes são respectivamente as zonas 3, 6 e 8 (Fig. 14).

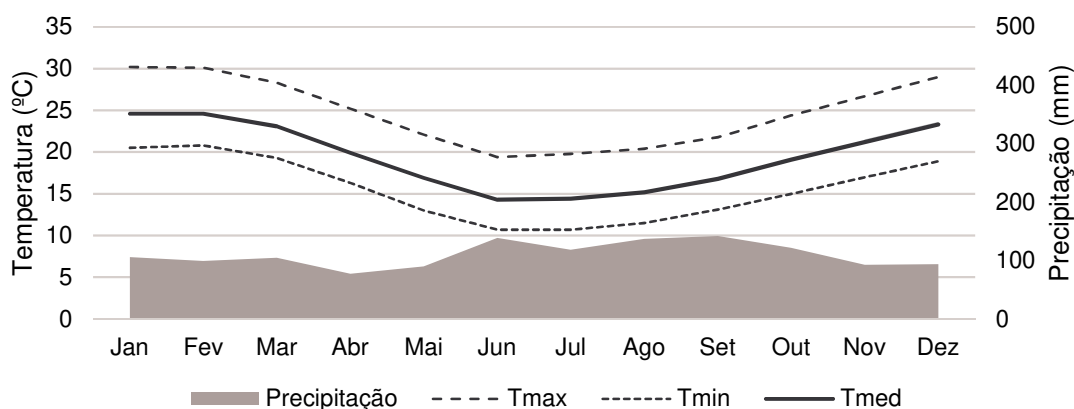
Figura 14 – Zonas Bioclimáticas e localização das cidades estudadas



Fonte: ABNT (2005), adaptada pelo autor

Porto Alegre, capital do Rio Grande do Sul, com coordenadas geográficas $30^{\circ} 1' 58''$ S, $51^{\circ} 13' 48''$ W, possui clima Subtropical Úmido, influenciado por massas de ar tropicais e polares. Diferente dos demais climas brasileiros, o clima da região Sul apresenta maior regularidade na distribuição pluviométrica ao longo do ano, variando entre 1500mm e 2000mm. Suas médias de temperatura variam de 10 a 15°C durante o inverno, e de 26 a 30°C durante o verão, apresentando uma média anual entre 14 a 24°C, embora as temperaturas mínimas possam chegar a 0°C e as máximas a 40°C (Gráfico 6) (INMET, 2018; MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007).

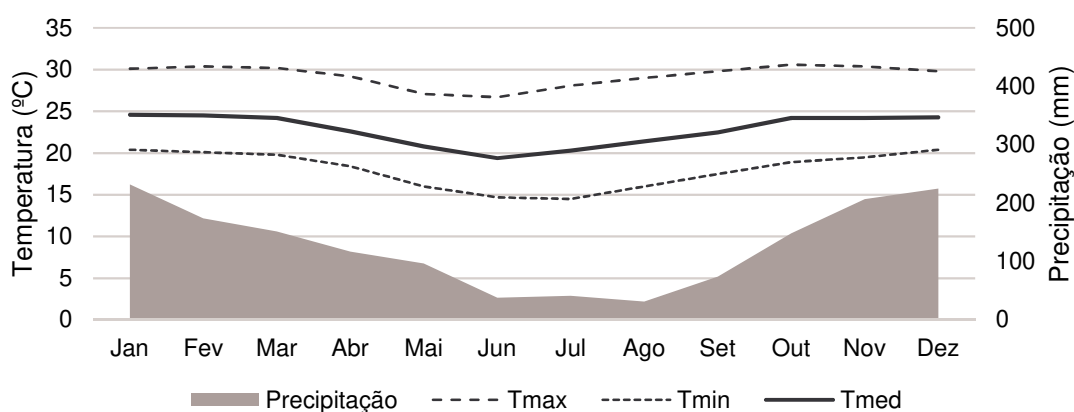
Gráfico 6 – Dados climáticos básicos de Porto Alegre



Fonte: INMET (2018), adaptada pelo autor.

Campo Grande, capital do estado do Mato Grosso do Sul, $20^{\circ} 28' 53''$ S, $54^{\circ} 36' 58''$ W, possui clima Tropical com Estação Seca de aproximadamente três meses. Localizado entre áreas de floresta ao Norte e ao Leste-Sul, o Centro-Oeste apresenta uma condição de transição climática. É influenciado por sistemas atmosféricos tropicais, equatoriais e extratropicais. Tal variabilidade reflete no clima da região para uma multiplicidade de características durante o ano, fazendo com que o verão seja quente e úmido, acumulando em torno de 70% da precipitação anual (cerca de 280mm em janeiro), e o inverno quente e seco (entre 20 e 30mm em junho e julho). Possui médias de temperatura entre 20 e 22°C durante o inverno, podendo atingir médias das máximas de 36°C durante o verão. Em termos de temperatura absoluta, a máxima pode ultrapassar os 40°C (Gráfico 7) (INMET, 2018; MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007).

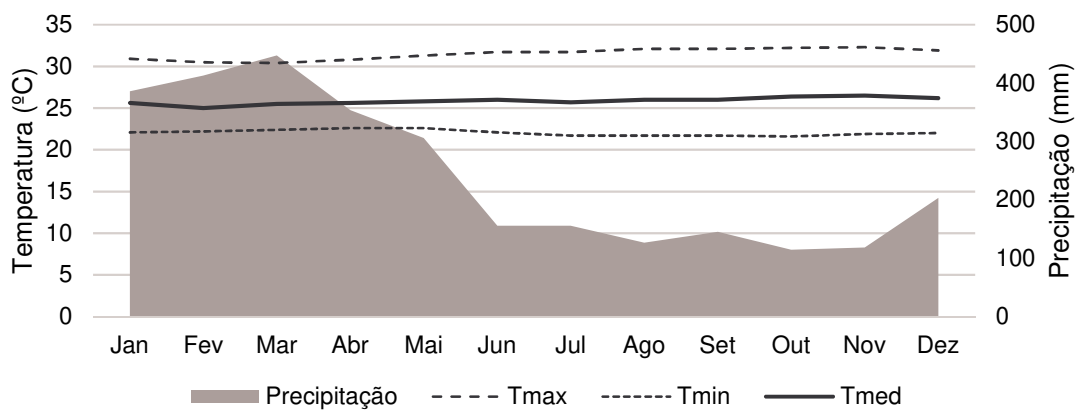
Gráfico 7 – Dados climáticos básicos de Campo Grande



Fonte: INMET (2018), adaptada pelo autor.

Localizada no Norte do Brasil e capital do estado do Pará, 1° 27' 21" S, 48° 30' 14" W, Belém possui clima Equatorial Úmido com estação seca de um a dois meses por ano. Sofre influências pela proximidade com a Floresta Amazônica e por sistemas atmosféricos equatoriais e tropicais. Apresenta temperaturas médias anuais altas, entre 24°C e 26°C, com temperatura mínima em torno de 21°C e máxima de 33°C, embora a máxima absoluta possa ultrapassar os 40°C (Gráfico 8) (INMET, 2018; MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Gráfico 8 – Dados climáticos básicos de Belém



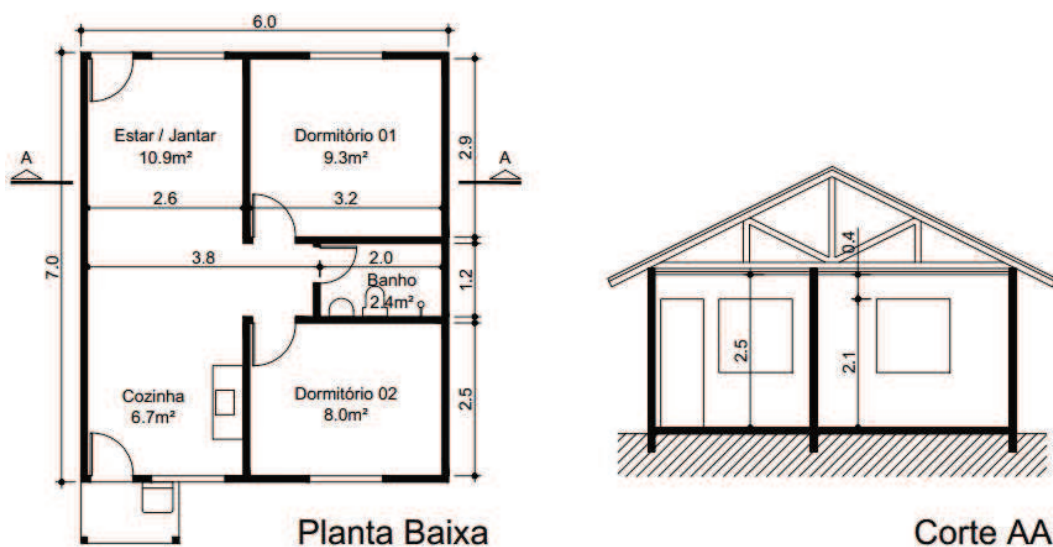
Fonte: INMET (2018)

Para realizar a simulação, são necessárias informações sobre os climas das cidades estudadas. Os arquivos climáticos foram obtidos na base de dados *Weather Data*, disponibilizada pelo *U.S. Department of Energy's* (DOE) (ENERGYPLUS, 2018). Os dados utilizados para gerar os arquivos disponíveis neste banco de dados são oriundos do INMET.

3.2 Projeto analisado

O estudo de caso analisado neste trabalho é baseado na configuração básica para Habitação de Interesse Social no Brasil. Para tanto, foi estabelecido um projeto residencial unifamiliar de 42m² de área construída. O projeto possui dimensão frontal de 6m e profundidade de 7m, e altura do forro ou pé-direito de 2,5m. Sua composição espacial compreende um ambiente de estar e jantar, cozinha, um banheiro, dois dormitórios e área de serviço externa (Fig. 15).

Figura 15 – Projeto Analisado



Fonte: elaborado pelo autor

Para fins deste estudo, foi considerado que não existem obstruções externas, tais como edificações adjacentes ou próximas, vegetação, mobiliário urbano ou equipamentos públicos que possam interferir na exposição à radiação e luz solar diretas.

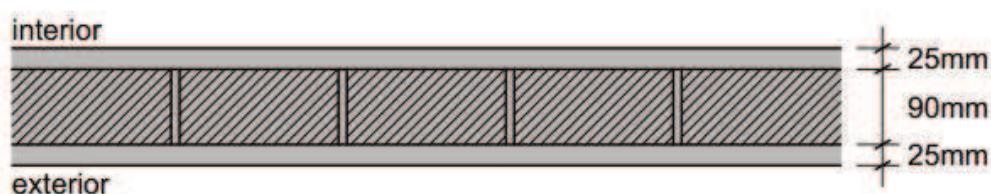
As características construtivas foram especificadas de acordo com os parâmetros da norma de desempenho, NBR 15575 (ABNT, 2013).

O tipo de Sistema de Vedação Vertical escolhido representa a composição de materiais com valor de transmitância térmica próximo ao limite estabelecido na NBR 15575, de 2,5 W/m²K, e capacidade térmica de 130 J/m²K (ABNT, 2013). Pelas especificações da NBR 15220 (ABNT, 2005), a composição de parede que cumpre com tais valores é constituída de 25mm de reboco externo, 90mm de bloco cerâmico

e 25mm de reboco externo, utilizando 10mm de argamassa para assentamento. Esta composição possui transmitância de $2,46 \text{ W/m}^2\text{K}$ e capacidade térmica de $158 \text{ J/m}^2\text{K}$ (Fig. 16).

Em relação aos vidros, este estudo adotou a alternativa mais comum empregada nas construções de habitação social. A especificação se refere à área das janelas composta por vidros. O vidro utilizado é do tipo transparente simples com espessura de 3mm, com valor de transmitância de $4,24 \text{ W/m}^2\text{K}$ (Fig. 17).

Figura 16 – Sistema de Vedação Vertical



CAMADAS

25 mm reboco externo; 90 mm bloco cerâmico ; 25 mm reboco interno

CARACTERÍSTICAS

U-Value: $2,46 \text{ W/m}^2\text{K}$; CT: $158 \text{ J/m}^2\text{K}$

Fonte: elaborado pelo autor

Figura 17 – Vidro simples 3mm



CAMADAS

3 mm vidro transparente

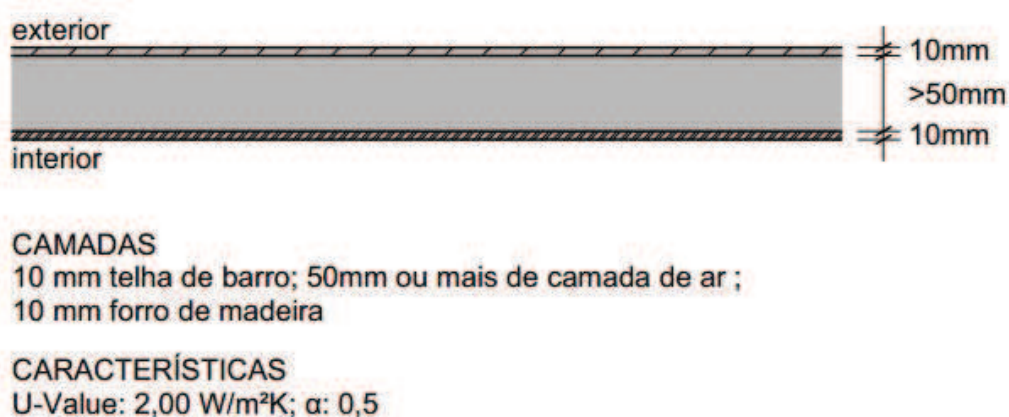
CARACTERÍSTICAS

U-Value: $4,24 \text{ W/m}^2\text{K}$

Fonte: elaborado pelo autor

A composição para a Sistema de Cobertura (SC), assim como para o Sistema de Vedação Vertical (SVV), apresenta valores de transmitância térmica próximos aos limites da norma, de $2,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ para uma absorvância inferior a 0,6 (ABNT, 2013). De acordo com a NBR 15220 (ABNT, 2005), um sistema que pode cumprir estes limites é composto de telha de barro com espessura de 10mm, camada de ar com 50mm ou mais e forro de madeira de 10mm. A configuração final do SC apresenta transmitância de $2,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ e absorvância de 0,5 (Fig. 18).

Figura 18 – Sistema de Cobertura



Fonte: elaborado pelo autor

A partir destes parâmetros, o projeto típico é modelado em ambiente computacional no qual são realizadas as simulações e análises de desempenho.

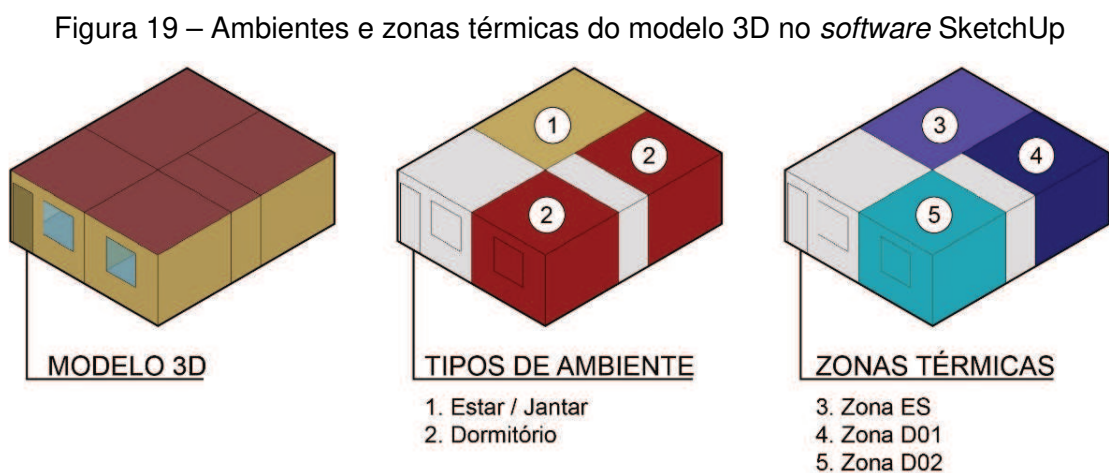
3.3 Parâmetros do modelo e simulação

A modelagem 3D do projeto tipo em ambiente computacional foi realizada no *software* SketchUp. Ele possibilita a construção de um modelo 3D simplificado da edificação em estudo. Com o auxílio de um *plug-in*, o modelo em três dimensões é configurado para associar os parâmetros de simulação necessários ao *software* Openstudio.

O Openstudio oferece uma interface para configuração e análise do modelo. Nele são determinados os parâmetros de simulação, tais como: dados climáticos, características dos materiais, cargas internas, iluminação artificial, zonas térmicas, sistema de condicionamento de ar e variáveis de análise.

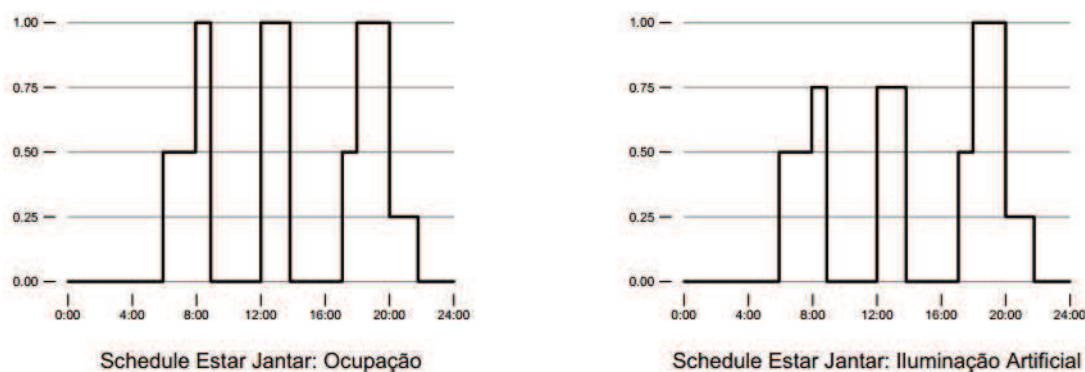
Utilizando os mecanismos dos *softwares* EnergyPlus e Radiance, o Openstudio analisa a edificação ao longo do período de teste, resultando em dados de temperatura, iluminação, características e comportamento da edificação, e consumo de energia.

Os ambientes analisados na simulação foram: a sala de Estar/Jantar e os Dormitórios 01 e 02. Neste caso, foi definida uma zona térmica para cada ambiente, resultando em três zonas de análise (Fig. 19).

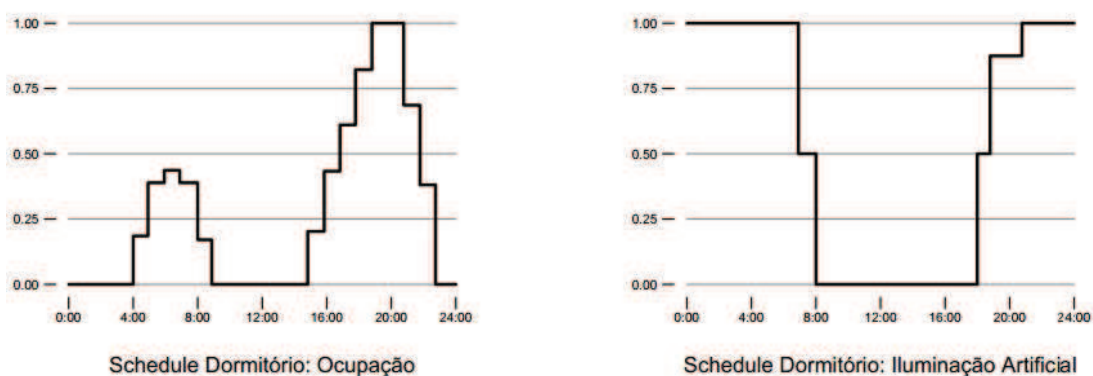


Fonte: elaborado pelo autor

Para simulação, é necessária a criação de *schedules*, ou cronogramas de uso, que representam a atividade dos usuários ao longo do dia. Cada tipo de ambiente possui um *schedule*. Sendo assim, o modelo possui dois *schedules*, um para o ambiente de Estar/Jantar (Fig. 20) e outro para o ambiente Dormitório (Fig. 21). O *schedule* Estar/Jantar foi aplicado à zona térmica correspondente, enquanto que as zonas térmicas dos dormitórios dividem o mesmo *schedule*.

Figura 20 – *Schedules* para Estar Jantar

Fonte: elaborado pelo autor

Figura 21 – *Schedules* para Dormitórios

Fonte: elaborado pelo autor

A partir destes *schedules*, o EnergyPlus calcula as cargas internas, dadas as características do sistema de iluminação e da atividade realizada nos ambientes. Neste estudo, foram adotados os padrões básicos propostos no programa.

É importante notar que, mesmo com a configuração do *schedule* para iluminação artificial, o modelo possui um *setpoint* mínimo de 120 lux para os ambientes. Este valor é adotado de acordo com o nível Superior de desempenho determinado pela NBR 15575 (ANBT, 2013). Qualquer valor menor representaria desconforto lumínico e visual, embora o nível de iluminância mínimo pela norma seja de 60 lux. A configuração deste *setpoint* significa que, enquanto a iluminação natural prover iluminância superior à 120 lux, a iluminação artificial não é ativada, sobrepondo-se então ao *schedule* de iluminação artificial.

Para o sistema de condicionamento de ar HVAC, este estudo utiliza um modelo pré-definido do EnergyPlus. O *Packaged Terminal Heat Pump* é um sistema que representa de forma satisfatória sistemas de ar condicionado comumente utilizados (BEYER, 2016).

O programa EnergyPlus necessita em sua simulação a determinação de *setpoints* de temperatura. As temperaturas limites, ou *setpoints*, foram fixadas em 22°C e 25°C. Atuando em temperaturas abaixo ou acima deste intervalo, o sistema HVAC aquece ou resfria o ambiente, calculando o consumo de energia necessário para compensar os períodos de desconforto térmico.

Os *setpoints* foram baseados nos dados apresentados no texto de Dear e Brager (2002) e da ASHRAE (2010). Os valores podem ser verificados nos Gráficos 1 e 2 da seção 2.1 deste estudo. Neste caso, os parâmetros de desempenho térmico dispostos na ABNT NBR 15575 não foram utilizados. Isto porque seu critério de avaliação considera que a temperatura interna da edificação deve estar à uma diferença específica da externa sem um intervalo definido por *setpoints*.

3.3.1 Dimensionamento, posição e orientação solar das aberturas

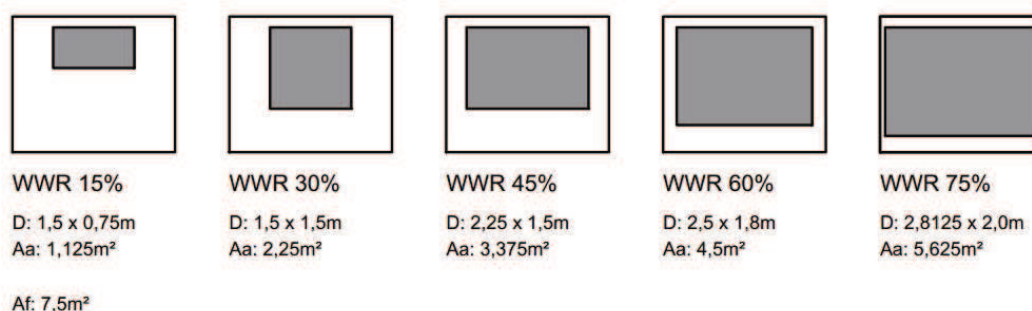
As normas brasileiras não preveem a análise conjunta dos desempenhos térmico e lumínico a partir de métricas passíveis de comparação direta entre si, porém, ambos sofrem influência da radiação solar. Uma forma de unificar a análise é através do consumo de energia necessário para garantir que sejam atingidos os valores exigidos de desempenho térmico e lumínico. Para avaliar o desempenho de modo concomitante, optou-se por atuar sobre as aberturas da edificação. É através delas que a radiação penetra nos ambientes internos. Deste modo, ao variar posicionamento, dimensão e orientação solar das aberturas, é possível aferir os desempenhos e, posteriormente, o consumo energético, adotado como elemento de avaliação geral.

As aberturas do modelo são posicionadas nos Sistemas de Vedação Vertical, ou seja, nas fachadas. Cada ambiente analisado possui uma abertura, tendo sido definido que as três recebem a mesma variação dimensional em cada passo da análise.

As dimensões das esquadrias (ou janelas) variam de acordo com o *Window-to-Wall Ratio* (WWR) em intervalos de 15%: 15%, 30%, 45%, 60% e 75%. A área de

fachada para os três ambientes analisados é de $7,5\text{m}^2$ (Fig. 22). A utilização do WWR unifica os valores dos intervalos, visto que em relação à área do piso, a variação é diferente para cada ambiente.

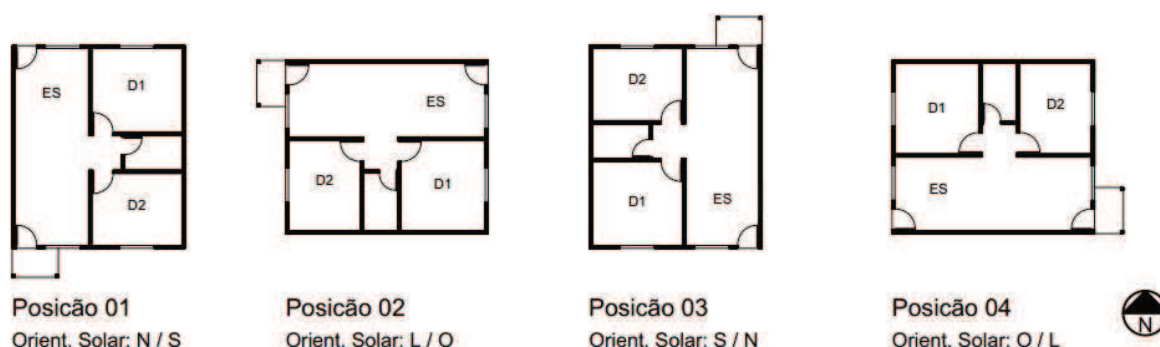
Figura 22 – Dimensionamento das aberturas conforme WWR



Fonte: elaborado pelo autor

O projeto analisado possui aberturas frontais e de fundos. Por isso, cada simulação possui orientações solares em duas direções. Adotando a orientação base do projeto com a fachada frontal voltada para o Norte, seguiu-se o processo de rotação do modelo em passos de 90° para a simulação de quatro posições de forma que os cômodos fossem orientados para as quatro orientações, Norte, Sul, Leste e Oeste (Fig. 23).

Figura 23 – Orientações solares estudadas no modelo

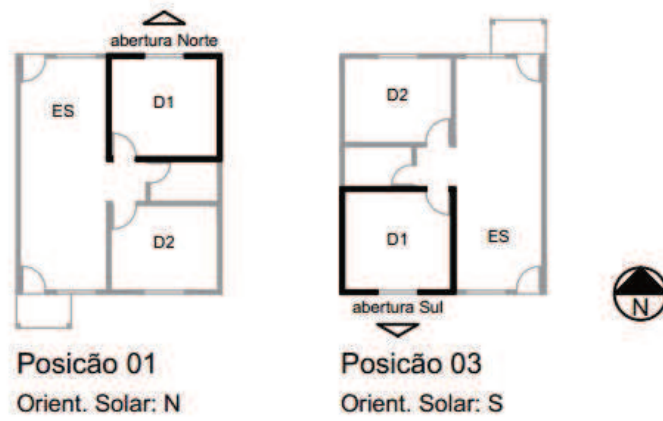


Fonte: elaborado pelo autor

Deste modo foi possível obter resultados não só da edificação como um todo, mas também de cada um dos ambientes. A consideração isolada dos ambientes é importante na análise da distribuição de luz natural em decorrência da diferença de

orientação e da proporção nas suas dimensões. Para exemplificar, a Figura 24 demonstra a orientação solar de D1 em duas posições 01 e 03.

Figura 24 – Orientações solares estudadas para o Dormitório 1



Fonte: elaborado pelo autor

4 APRESENTAÇÃO E DISCUÇÃO DOS RESULTADOS

A partir das análises das simulações propostas no capítulo 3, pode-se estabelecer o comportamento da edificação em relação ao desempenho térmico e desempenho lumínico. Os resultados estão apresentados de acordo com os fatores de influência que compõem o modelo para simulação para cada clima estudado.

Os consumos de energia simulados levaram em conta os valores dos *setpoints* de temperatura (22°C e 25°C) e iluminação (120lux) conforme explicitado na seção 3.3. Visto que, para cada fator de influência, foram verificadas métricas distintas, tais como temperatura em °C versus iluminação em lux, os resultados foram comparados através dos dados de consumo de energia elétrica (kWh) correspondente a aquecimento (Htg), resfriamento (Clg) e iluminação (Ltg).

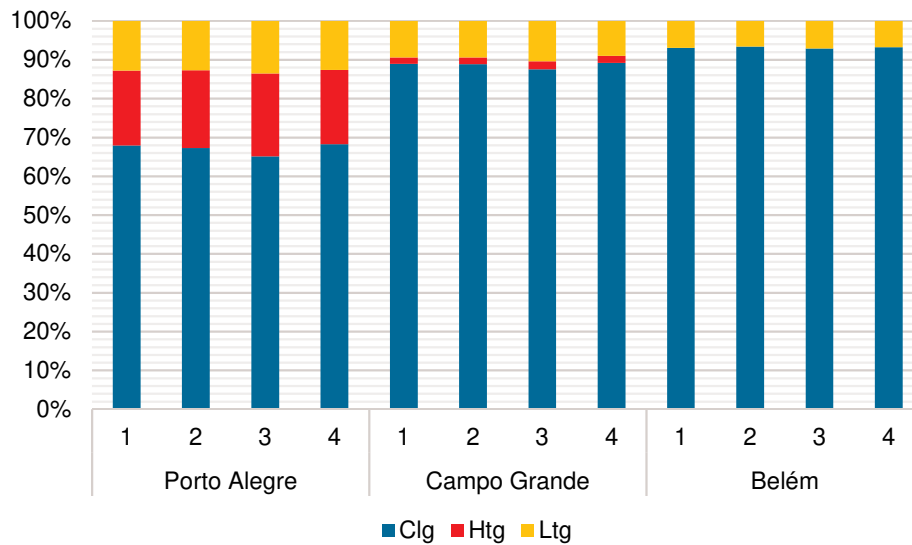
Inicialmente, é apresentado um panorama de consumo entre os três climas e, posteriormente, a análise transcorre para os parâmetros de Orientação Solar e Window-to-Wall Ratio (WWR).

4.1 Efeito do clima sobre o desempenho energético da edificação

De acordo com os dados obtidos das simulações, esta seção apresenta um panorama sobre a influência dos diferentes climas no consumo de energia do estudo de caso. A edificação foi testada para as localidades de: Porto Alegre, situada na Zona Bioclimática 3; Campo Grande, na Zona bioclimática 6; e Belém do Pará, na Zona Bioclimática 8.

Porto Alegre apresentou o menor consumo de energia considerando a proporção entre aquecimento (Htg), resfriamento (Clg) e iluminação (Ltg). Já Campo Grande e Belém apresentaram uma proporção maior de consumo de energia para resfriamento, com um consumo de aquecimento muito inferior ou nulo. Os resultados do Gráfico 9 estão organizados de acordo com a posição do projeto em relação ao Norte, sendo 1 a posição inicial (0° de rotação), 2 a segunda posição (90°), 3 a terceira (180°) e 4 a quarta (270°).

Gráfico 9 – Proporção dos consumos de energia conforme a posição solar



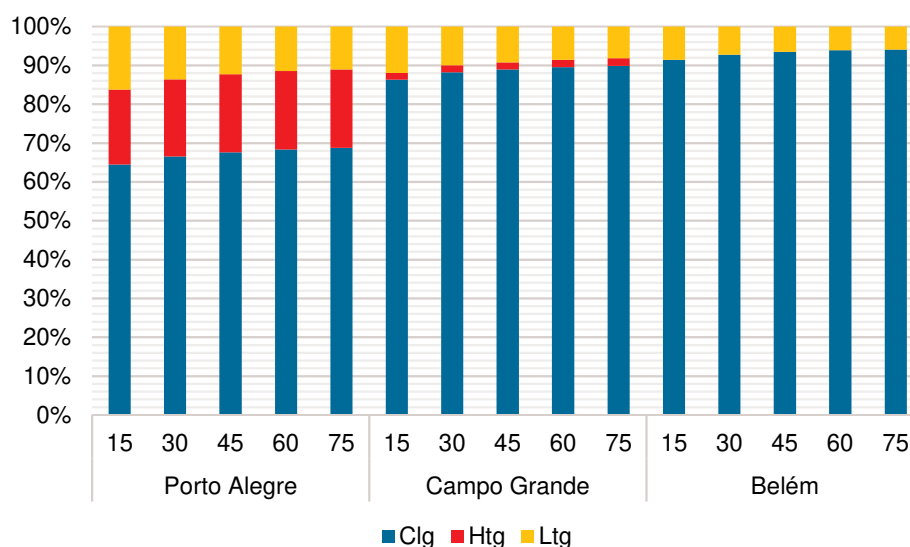
Por possuir um clima Subtropical Úmido, Porto Alegre apresenta uma maior amplitude anual de temperaturas. O comportamento da edificação neste tipo de clima demonstrou a necessidade tanto de aquecimento quanto resfriamento. Em média, 67% correspondem ao consumo com resfriamento, 20% ao aquecimento e 13% para iluminação.

Para o caso de Campo Grande, situada em uma região de clima Tropical com temperaturas anuais elevadas, a necessidade de aquecimento é reduzida, representando 2% do consumo. A proporção de consumo para resfriamento é de 88% e para iluminação, 10%.

Belém do Pará não apresentou consumo para aquecimento. Seu clima Equatorial Úmido eleva as temperaturas, determinando um alto consumo de energia para resfriamento. Sua proporção fica entorno de 93%. O restante é destinado para iluminação, representando 7% do consumo.

O mesmo comparativo foi realizado em função da dimensão das aberturas. As dimensões apresentadas são referentes as taxas de WWR de 15%, 30%, 45%, 60% e 75% (Gráfico 10).

Gráfico 10 – Proporção dos consumos de energia conforme as dimensões das aberturas



Visto que os dados de consumo são os mesmos, para a distribuição de consumo de acordo com o WWR, as distribuições médias de consumo se mantêm. Quanto maior o uso energia com resfriamento, menor é o consumo com iluminação e aquecimento.

Do ponto de vista do conforto térmico, tal comportamento indica que, em Porto Alegre, são necessárias estratégias de projeto para temperaturas tanto alta quanto baixas. Enquanto que para Campo Grande e Belém, as estratégias de desempenho devem ser focadas no resfriamento passivo da edificação para um menor consumo de energia.

O consumo com energia para iluminação indica que a viabilidade de luz natural nas cidades de Campo Grande e Belém é maior do que em Porto Alegre. Neste caso, estratégias de mitigação devem estar combinadas com soluções que possibilitem o aquecimento do ambiente durante o inverno sem prejudicar o conforto lumínico.

Tal comportamento corrobora a hipótese de que, para o estudo de caso, o desempenho térmico e o desempenho lumínico podem apresentar performances antagônicas.

4.2 Efeito da orientação solar sobre o desempenho energético da edificação

A orientação solar da edificação exerce significativa influência sobre o desempenho e, em consequência, sobre o consumo de energia da edificação. Para cada orientação, o estudo de caso apresentou diferentes comportamentos, sendo eles intrínsecos ao posicionamento do projeto e à incidência solar nos ambientes internos. No intuito de analisar os dados obtidos nas simulações, esta seção apresenta os resultados isolados de cada orientação, levando em consideração o consumo agregado dos cômodos voltados para essa orientação.

Para estabelecer uma relação de desempenho entre as orientações solares, primeiramente são expostos os resultados de cada clima de acordo com os tipos de consumo, aquecimento (Htg), resfriamento (Clg) e iluminação (Ltg). A análise é realizada com o objetivo de identificar, de modo geral, a influência das diferentes orientações.

Os Gráficos 11 e 12 apresentam os resultados para aquecimento. Os resultados de Belém não são expostos por não existir a necessidade de aquecimento para Zona Bioclimática 8 onde se encontra a cidade.

Gráfico 11 – Média de consumo anual de energia para aquecimento para Porto Alegre

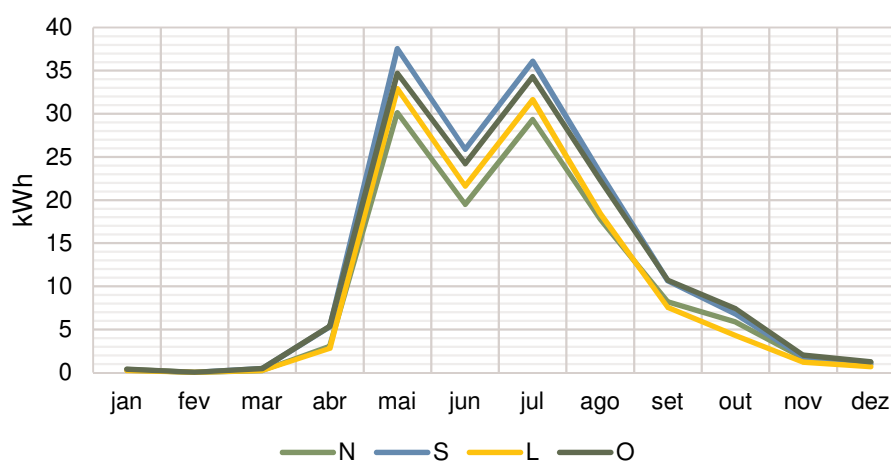
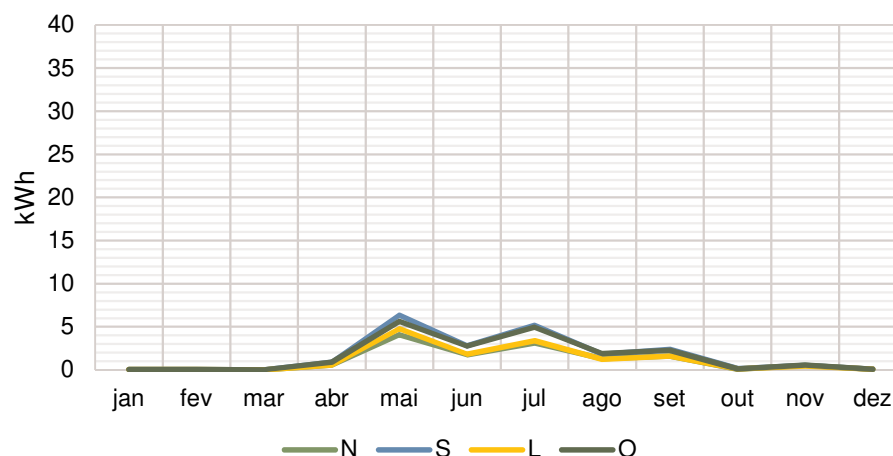


Gráfico 12 – Média de consumo anual de energia para aquecimento para Campo Grande



Nos dois casos, a orientação solar Norte apresentou menor consumo com aquecimento. Isto se dá em vista da alta incidência solar para esta orientação. O aquecimento passivo diminuí a necessidade de aquecimento artificial dos ambientes internos.

Já para orientação solar Sul, o consumo médio com aquecimento se mostrou o mais elevado. Neste caso, a baixa incidência de radiação é prejudicial durante os meses frios, principalmente para a cidade de Porto Alegre.

Para o estudo de caso simulado, a orientação Leste apresentou comportamento similar a orientação Norte, e a orientação Oeste apresentou resultados similares aos da orientação Sul. Isto vai de encontro a hipótese inicial de que as orientações Norte/Oeste e Sul/Leste teriam comportamentos semelhantes. No caso, estes resultados se devem à configuração espacial do projeto apresentado na Figura 18 da seção 3.2, demonstrando que a organização dos espaços pode afetar de forma significativa o conforto ambiental dos ocupantes para além dos fatores naturais.

Dando seguimento à análise, os gráficos 13, 14 e 15 apresentam o consumo médio com resfriamento.

Gráfico 13 – Média de consumo anual de energia para resfriamento para Porto Alegre

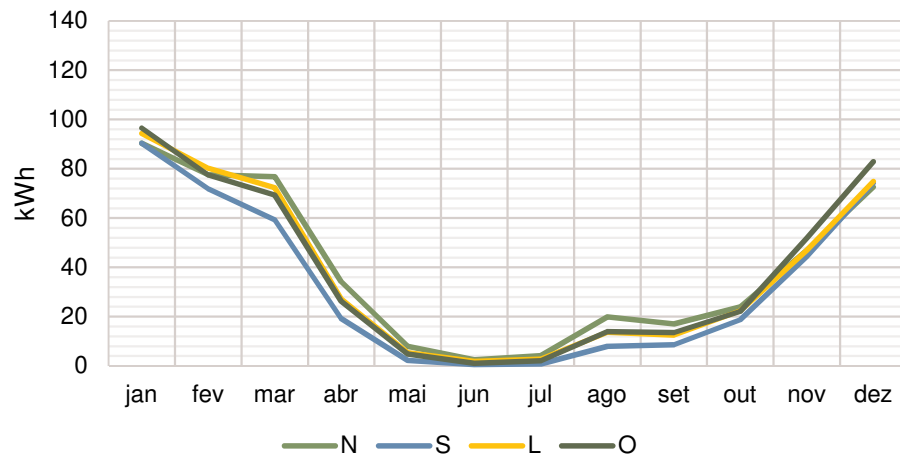


Gráfico 14 – Média de consumo anual de energia para resfriamento para Campo Grande

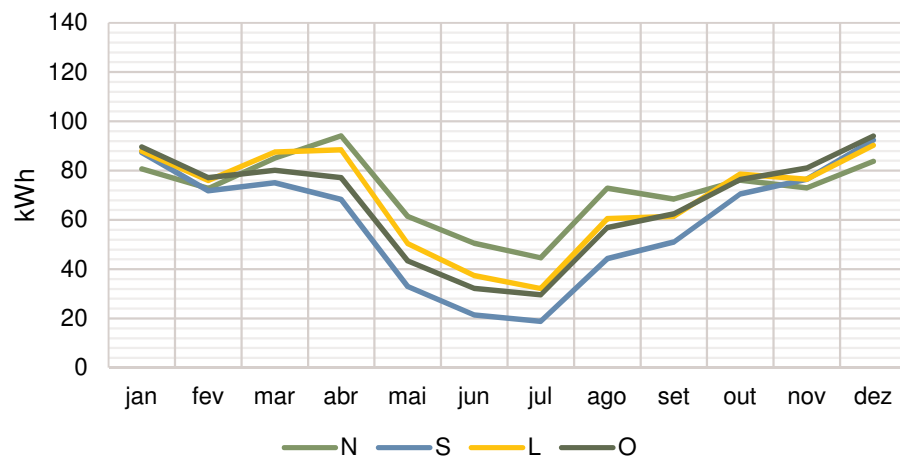
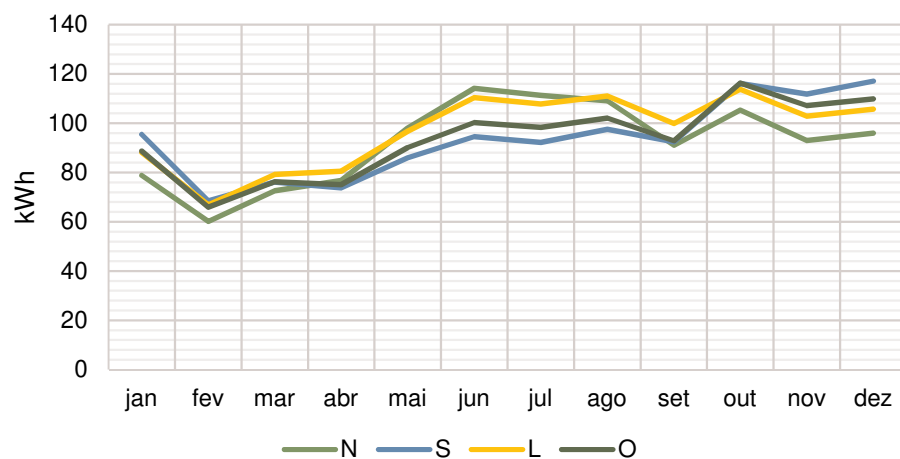


Gráfico 15 – Média de consumo anual de energia para resfriamento para Belém



Conforme visto, o envelope da edificação é a camada externa que recebe a radiação e protege os ambientes internos. Para os três climas estudados, a orientação Norte apresentou a maior média de consumo de energia para resfriamento dos ambientes. Os resultados indicam que, para esta orientação, os materiais empregados na envoltória não atendem a níveis de desempenho mínimos.

Do mesmo modo que para o aquecimento, é possível estabelecer que as orientações Norte e Sul são aquelas que apresentam maior diferença. Enquanto que a similaridade Norte/Leste e Sul/Oeste também se mantém.

Porto Alegre e Campo Grande, embora em Zonas Bioclimáticas distintas, exibem um comportamento similar no consumo com resfriamento, excetuando os meses de maio a agosto, quando as temperaturas de Campo Grande são mais elevadas do que em Porto Alegre. Já o estudo para Belém do Pará exibiu um comportamento distinto, com consumo elevado durante o ano todo, e ainda com a orientação Sul demandando mais energia durante os meses mais quentes.

A influência da orientação solar sobre a iluminação (Ltg) também foi avaliada. Os resultados das simulações, dispostos nos gráficos 16, 17 e 18, são referentes ao *schedule* de iluminação utilizado no programa EnergyPlus e ao *setpoint* mínimo de 120 lux.

Gráfico 16 – Média de consumo anual de energia para iluminação para Porto Alegre

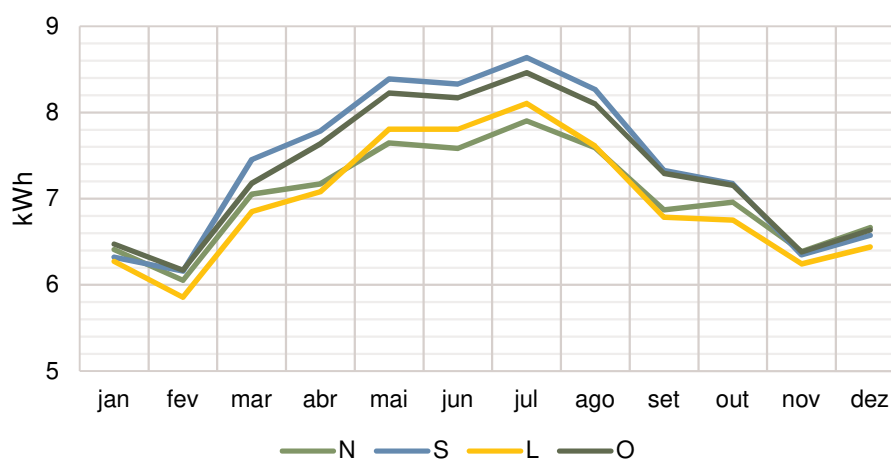


Gráfico 17 – Média de consumo anual de energia para iluminação para Campo Grande

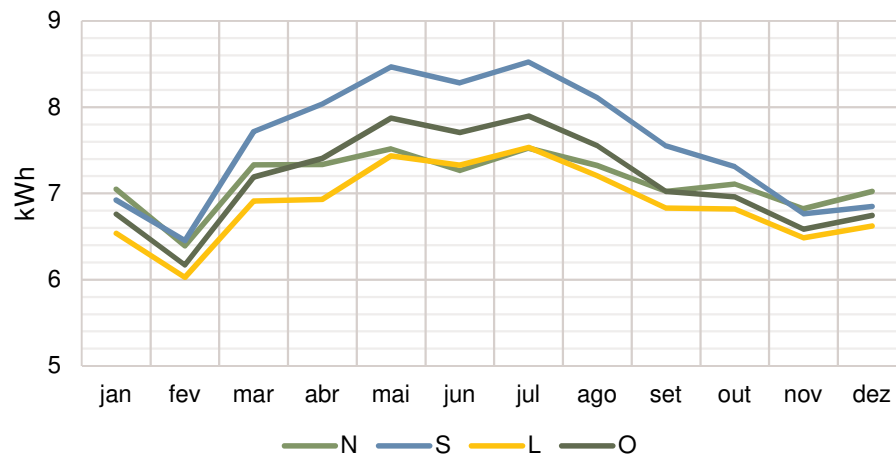
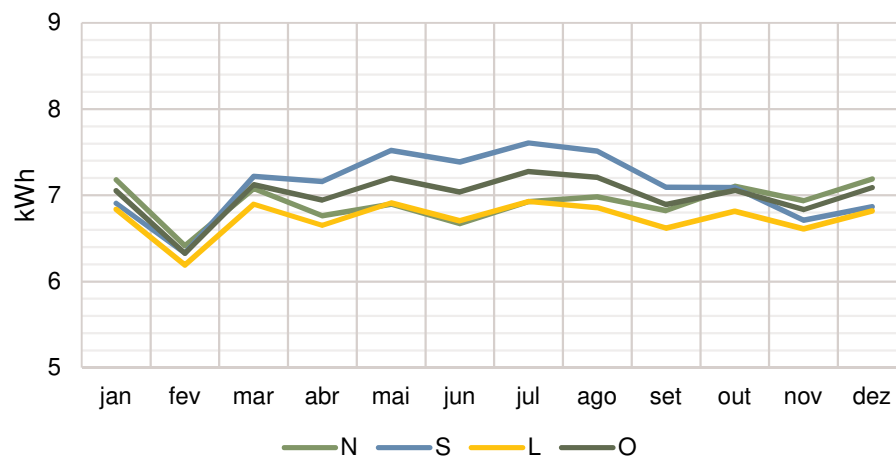


Gráfico 18 – Média de consumo anual de energia para iluminação para Belém



O consumo médio com iluminação não apresentou grande variação de acordo com a orientação solar. Os resultados indicam que, para as cidades de Porto Alegre e Campo Grande, a orientação Sul tende a consumir 5% mais energia que a orientação Norte. Em Belém, esta diferença é menor, de apenas 3,4%

Em conclusão, a orientação solar, de forma isolada, não afeta de forma considerável o desempenho lumínico da edificação. Uma análise de comparação com os demais parâmetros de simulação se faz necessária.

4.2.1 Comparativo de resultados sobre as orientações solares Norte e Sul

A partir dos resultados obtidos sobre a influência da orientação solar sobre o consumo de energia, foi realizado um comparativo entre as duas orientações que apresentam resultados expressivamente opostos, Norte e Sul. A comparação entre os dois supre também a relação identificada onde as orientações Leste e Oeste seguem o comportamento das anteriores respectivamente.

Os gráficos 19, 20 e 21 apresentam as médias de consumo anual de aquecimento e resfriamento dos três climas estudados para orientação Norte em relação às temperaturas mínimas, médias e máximas.

Gráfico 19 – Média de consumo anual de energia para Porto Alegre na orientação Norte

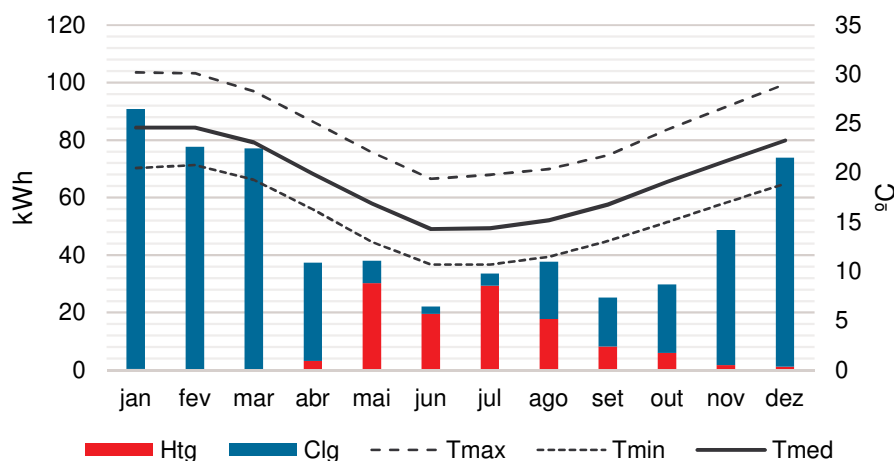


Gráfico 20 – Média de consumo anual de energia para Campo Grande na orientação Norte

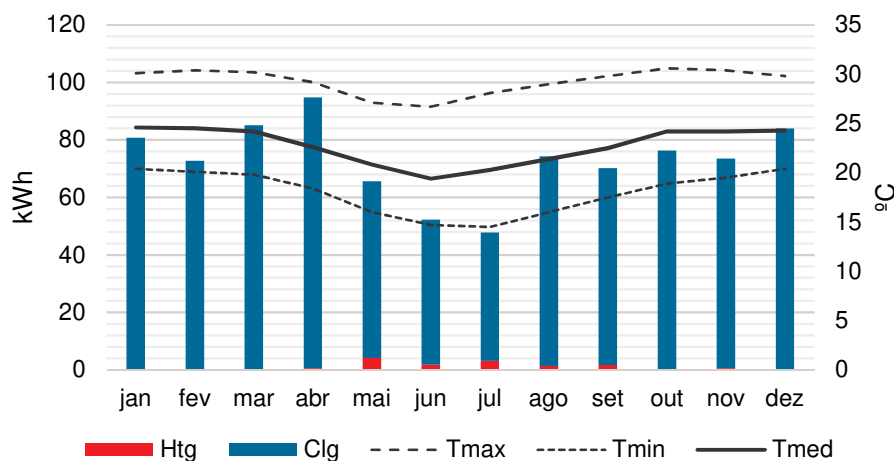
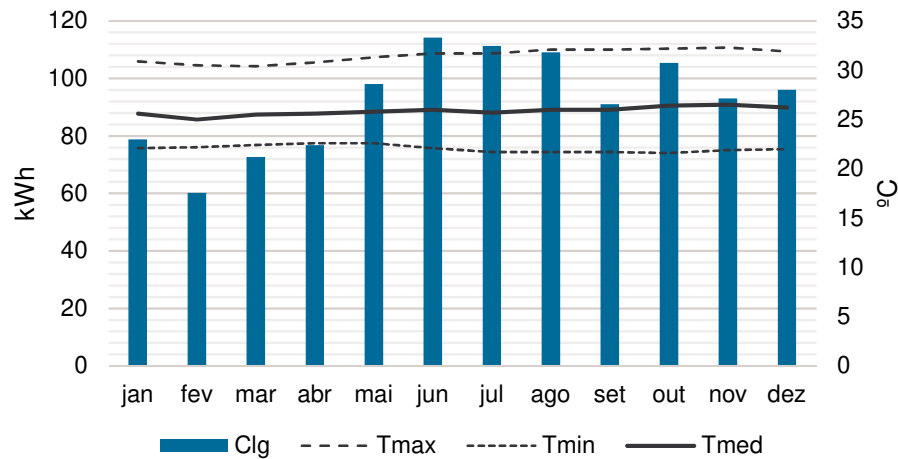


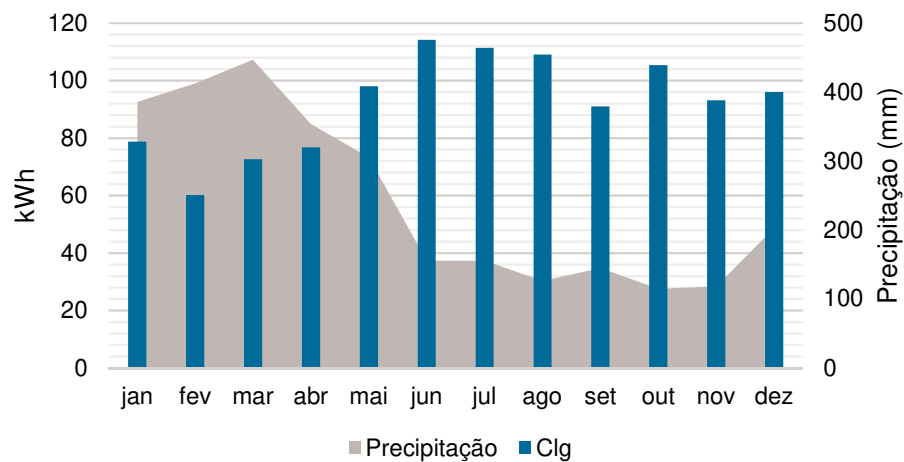
Gráfico 21 – Média de consumo anual de energia para Belém na orientação Norte



De acordo com os resultados de Porto Alegre e Campo Grande para orientação Norte, é possível perceber que o consumo médio de energia para aquecimento e resfriamento segue a curva de temperatura média anual. Esta tendência demonstra a relação direta entre a temperatura externa e o conforto térmico dos usuários.

Entretanto, para os resultados de Belém, essa tendência não ocorre, visto que as médias de temperatura são constantes durante o ano todo. Para melhor entender este comportamento, foi traçado um paralelo entre o consumo de energia e a quantidade de precipitação mensal (Gráfico 22).

Gráfico 22 – Relação entre o consumo anual de energia para Orientação Norte e precipitação em Belém



Durante os períodos em que a precipitação atinge valores inferiores a 300mm mensais, a necessidade de resfriamento da edificação se eleva. A partir disso, é possível afirmar que, para o clima de Belém do Pará na Zona Bioclimática 8, a orientação solar Norte causa menos impacto no desempenho da edificação do que para os climas das cidades de Porto Alegre e Campo Grande.

Para orientação Norte, o consumo médio anual de Porto Alegre com resfriamento foi de 474kWh e para aquecimento, 117kWh, somando um consumo médio de 591kWh ao ano. Campo Grande apresentou média anual de somente 13kWh para aquecimento e 863kWh com resfriamento, somando 876kWh. Já os valores de aquecimento em Belém se mostraram nulos, enquanto que para resfriamento, seu consumo médio foi de 1106kWh.

Nota-se que a necessidade de energia para manter o desempenho térmico na cidade de Porto Alegre é inferior que as demais. Seu consumo foi, em média 32% menor do que em Campo Grande e 47% menor do que em Belém.

Em contrapartida aos resultados apresentados para orientação Norte, a mesma análise foi realizada para orientação Sul. Essa análise se mostra relevante no sentido de que ambas as orientações solares são opostas e, pela hipótese inicial, deveriam apresentar resultados díspares.

Os gráficos 23, 24 e 25 apresentam as médias de consumo anuais de aquecimento e resfriamento dos três climas estudados para orientação Sul.

Gráfico 23 – Média de consumo anual de energia para Porto Alegre na orientação Sul

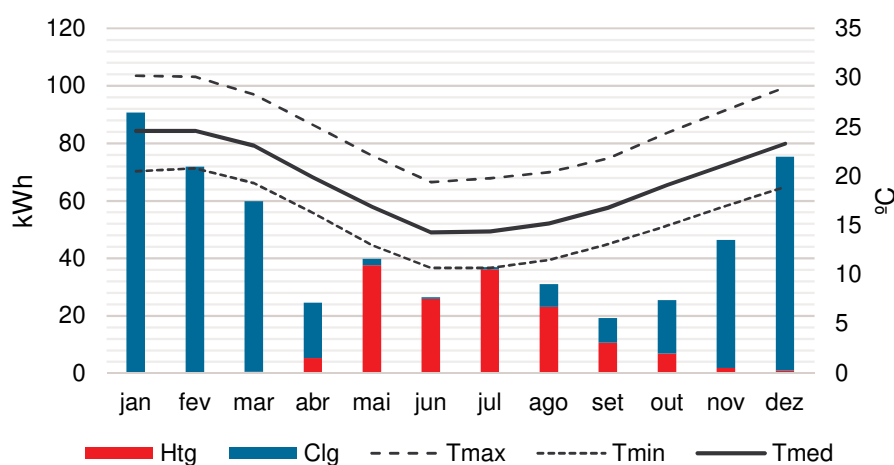


Gráfico 24 – Média de consumo anual de energia para Campo Grande na orientação Sul

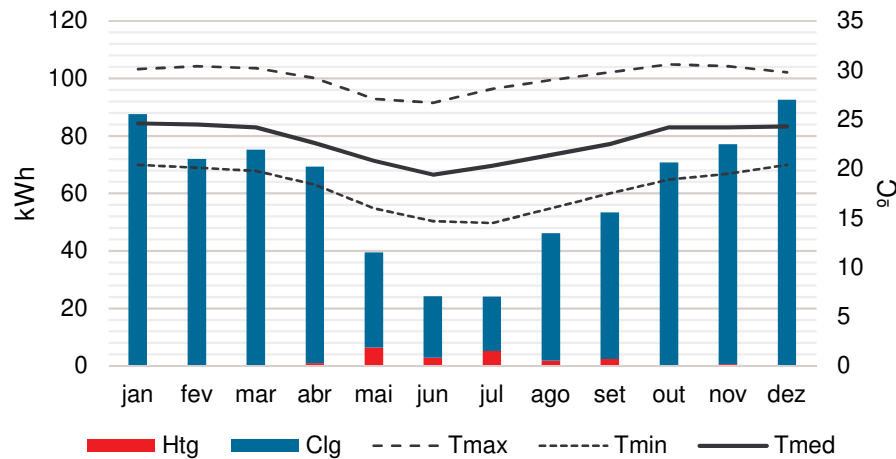
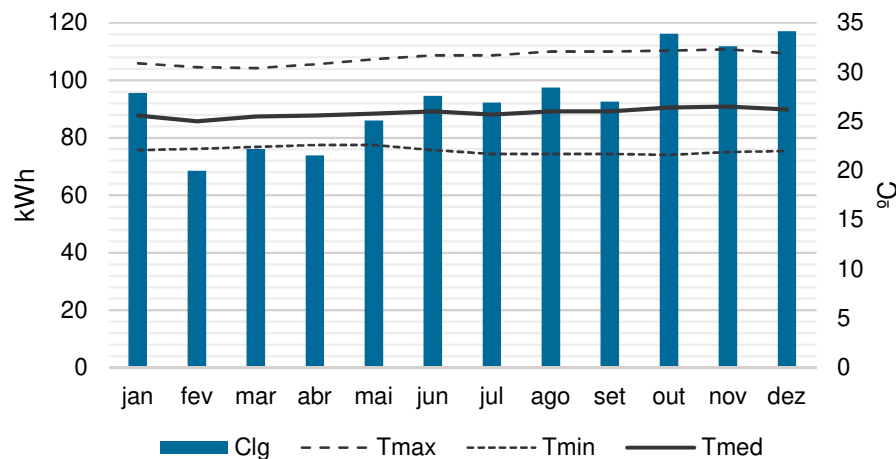


Gráfico 25 – Média de consumo anual de energia para Belém na orientação Sul



Para Porto Alegre, o consumo médio de resfriamento para orientação solar Sul foi de 398kWh e para aquecimento foi de 149kWh, somando 547kWh. Comparado a mesma cidade para orientação Norte, houve uma diminuição de 8%. Em primeira análise, esta redução é relativamente baixa. Entretanto, quando analisado o consumo de aquecimento, a orientação Sul representa um aumento de 27%. Tais resultados demonstram que, para o clima Subtropical Úmido, uma necessidade real de aquecimento durante os meses frios para se manter o conforto térmico dos usuários.

Já o consumo médio anual de Campo Grande demonstrou uma redução de 16%. Com um dispêndio de energia de 20kWh com aquecimento, a diminuição se concentrou no resfriamento, 710kWh para orientação sul em comparação aos 863kWh anteriores.

Para Belém, onde não há necessidade de aquecimento, o consumo médio com resfriamento na orientação Sul foi de 1121kWh, ficando muito próximo aos 1106kWh consumidos na orientação Norte. Isto corrobora o fato de que, para este clima, a orientação solar não apresenta a mesma relevância sobre o conforto térmico.

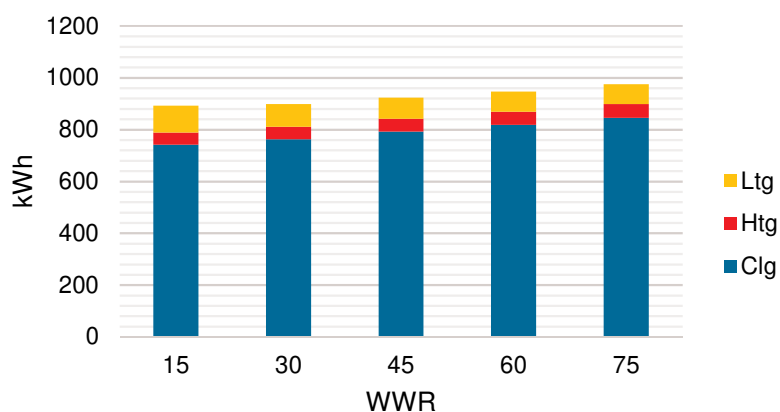
4.3 Efeito da dimensão das aberturas sobre o desempenho energético da edificação

Para tornar possível a análise entre os desempenhos térmico e lumínico, estudou-se a variação dimensional das aberturas, visto que, dentre as características do estudo de caso, este representa um fator de projeto significativamente relevante. As simulações ocorreram de acordo com taxas de *Window-to-Wall Ratio* (WWR), onde a dimensão da janela é determinada em relação ao tamanho da fachada em que se encontra. As taxas do WWR utilizadas neste estudo foram de 15%, 30%, 45%, 60% e 75%.

Com a finalidade de analisar os resultados obtidos, esta seção apresenta os dados de consumo seguindo as métricas das seções anteriores, aquecimento (Htg), resfriamento (Clg) e iluminação (Ltg). É importante ressaltar que, por se tratar de uma análise sistêmica, a influência da orientação solar permanece registrada, sendo retomada nesta seção.

Em primeira análise, o consumo médio para cada WWR simulado é apresentado no Gráfico 26.

Gráfico 26 – Consumo de energia para aquecimento, resfriamento e iluminação segundo WWR



Nota-se que, quanto maior a dimensão da abertura, maior é consumo de energia. Tais valores são referentes ao acumulado de consumo de todas as orientações solares para os três climas estudados.

Em termos de tipos de consumo, o Quadro 9 apresenta as proporções em relação ao total de cada WWR.

Quadro 9 – Proporções de consumo de energia entre WWR e usos

WWR	Clg	Htg	Lgt	Total Uso
15	83.15%	5.27%	11.58%	100.00%
30	84.96%	5.37%	9.68%	100.00%
45	85.81%	5.39%	8.79%	100.00%
60	86.37%	5.41%	8.22%	100.00%
75	86.68%	5.43%	7.90%	100.00%

De acordo com os dados da tabela, o consumo com resfriamento aumentou à medida as aberturas ficaram maiores. Já o consumo com aquecimento se manteve na faixa de 5%, variando muito pouco. A maior diferença ocorreu com o consumo de energia para iluminação, apresentando uma redução de 11,58% para 7,90% do total do uso.

Esta primeira análise que engloba os demais fatores indica que o dimensionamento das aberturas tem grande influência sobre o consumo de energia para iluminação. A seguir, a influência WWR sobre os usos de energia para aquecimento (Htg), resfriamento (Clg) e iluminação (Lgt) são analisados mais a fundo.

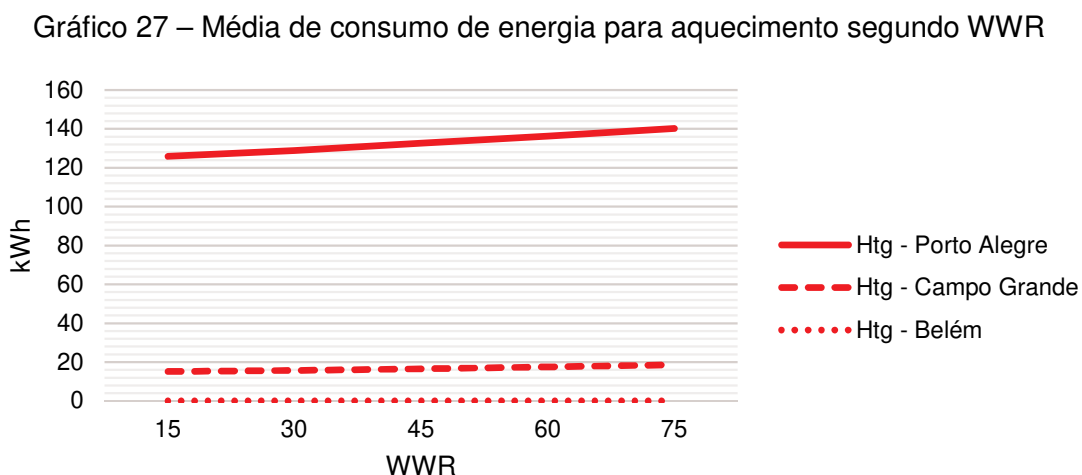
4.3.1 Análise de desempenho para aquecimento

Com base nos dados sobre consumo para cada WWR, é dado prosseguimento à análise. Embora o desempenho da edificação siga a tendência observada anteriormente, os climas simulados neste estudo apresentam suas particularidades.

A análise sobre o uso de energia com aquecimento é necessária para o entendimento sobre o desempenho térmico. A medida em que a energia utilizada com o projeto é observada, é possível determinar se o estudo de caso oferece as condições necessárias para o conforto térmico dos usuários. Testa-se, portanto, a hipótese inicial

de que a área das aberturas influencia diretamente sobre a performance térmica da edificação.

O gráfico 27 apresenta os resultados das simulações para o uso de energia com de aquecimento (Htg).



Para Porto Alegre, a variação da dimensão das aberturas significou um consumo 9% superior da taxa de 75% em relação à de 15%. Na cidade de Campo Grande, a diferença entre as taxas de 15% e 75% foi de 20%.

Ainda, o consumo com aquecimento na cidade de Porto Alegre é muito superior. O Quadro 10 dispõe as médias de consumo para as duas cidades.

Quadro 10 – Média de consumo de energia para aquecimento segundo WWR (kWh)

Local	WWR				
	15	30	45	60	75
Porto Alegre	125.84	128.81	132.71	136.28	140.16
Campo Grande	15.14	15.76	16.58	17.55	18.61
Belém	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Apesar da diferença da quantidade de energia utilizada com aquecimento no clima de Porto Alegre, os resultados sugerem que, para o estudo de caso, o WWR afeta o desempenho térmico de forma similar também em Campo Grande.

A influência do WWR sobre o conforto térmico dos usuários revela que, em Porto Alegre, esta pode ser uma estratégia de aquecimento passivo. Ao utilizar

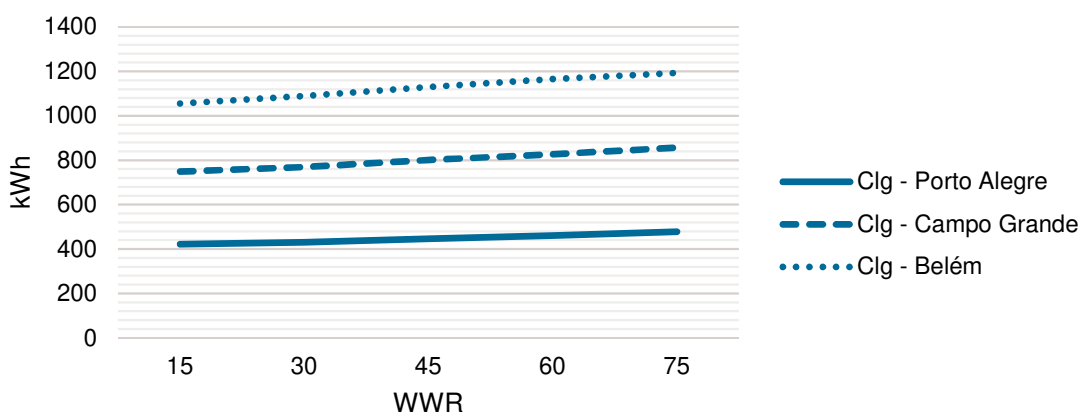
aberturas maiores, melhora-se a captação de radiação solar para os ambientes internos, elevando as temperaturas em durante períodos frios.

Em Campo Grande, a análise de desempenho para aquecimento demonstrou que não existe uma necessidade latente de aquecimento passivo, visto que o conforto térmico dos usuários tende a depender mais de estratégias de resfriamento. A seção a seguir apresenta tais resultados.

4.3.2 Análise de desempenho para resfriamento

Do mesmo modo que o uso de energia com aquecimento foi avaliado, o consumo com resfriamento da edificação também se mostra relevante para a aferição de conforto térmico dos usuários. A identificação da necessidade ou não de resfriamento é parte essencial do entendimento sobre o desempenho térmico. Portanto, o gráfico 28 apresenta os resultados das simulações para o consumo de energia com resfriamento (Clg).

Gráfico 28 – Média de consumo de energia para resfriamento segundo WWR



Ao contrário do comportamento observado com o consumo de aquecimento, o uso de energia com resfriamento é menor para as cidades de Porto Alegre e Campo Grande. Já Belém do Pará apresentou valores superiores.

Observando os resultados, a cidade de Porto Alegre apresentou uma diferença de 5% entre o WWR 15% e o 75%, e Campo Grande apresentou uma diferença de 12%. Para Belém do Pará, as diferenças encontradas entre as taxas de WWR foram mais expressivas. Além de não necessitar de aquecimento para manter o conforto

térmico dos usuários, a diferença para aquecimento apresentada entre as taxas de 15% e 75% foi de 11%.

O consumo médio com resfriamento para cada clima nas duas orientações pode ser verificado no Quadro 11.

Quadro 11 – Média de consumo de energia para resfriamento segundo WWR (kWh)

Local	WWR				
	15	30	45	60	75
Porto Alegre	421.42	430.63	445.71	460.68	477.87
Campo Grande	748.80	769.79	800.55	827.32	856.44
Belém	1055.26	1088.69	1130.16	1165.85	1201.95

A partir dos resultados, pode-se concluir que para as cidades de Porto Alegre e Campo Grande, aberturas com taxas de WWR muito elevadas causam maior impacto sobre o conforto térmico dos usuários na orientação Norte do que orientação Sul. Já na cidade de Belém, os resultados das simulações indicam que as taxas de WWR influenciam de forma similar, obstante de qualquer orientação solar.

A influência da radiação solar sobre o desempenho para resfriamento é relevante nos três climas estudados. Em Porto Alegre, durante os meses quentes, estratégias passivas devem ser adotadas para minimizar o desconforto dos usuários sem que o consumo de energia aumente.

Já para as cidades de Campo Grande e Belém, o elevado uso de energia para resfriamento demonstra que estratégias passivas não são suficientes para o manutenção das temperaturas internas da edificação dentro dos níveis de conforto.

4.3.3 Análise de desempenho para iluminação

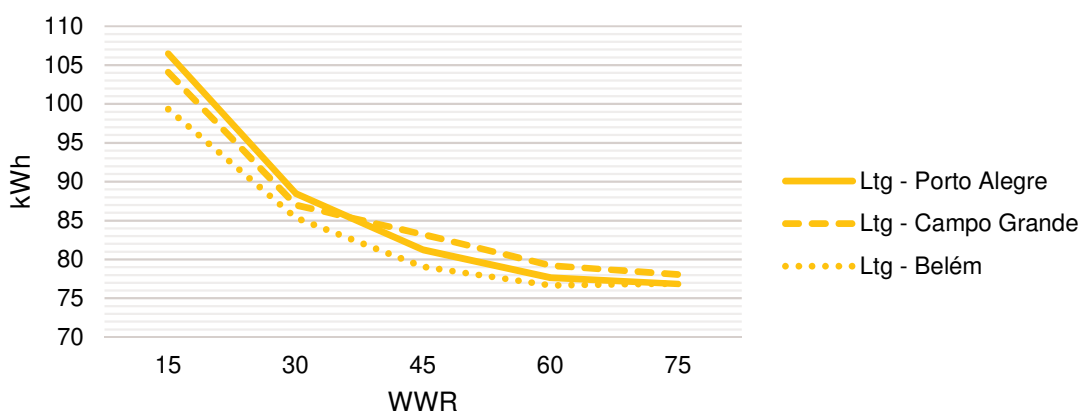
Dando seguimento à análise, aqui são dispostos os resultados das simulações relativos ao uso de energia com iluminação. De modo geral, quanto maior o consumo, menor é a viabilidade de luz natural dentro dos ambientes.

A partir dos dados sobre o consumo de energia com iluminação artificial, é possível entender como o dimensionamento das aberturas influencia o desempenho

lumínico do estudo de caso. Para o *setpoint* de iluminação, conforme descrito na metodologia, o valor é de 120lux.

Devido ao comportamento observado, nesta seção são dispostos os resultados para as quatro orientações solares. O gráfico 29 dispõe as médias de consumo de energia com iluminação (Ltg) para os três climas estudados.

Gráfico 29 – Média de consumo de energia para iluminação segundo WWR



Os três climas estudados apresentam um consumo de energia maior para o WWR 15% com um decréscimo a medida que a dimensão da abertura aumenta. Isto significa que aberturas maiores tendem a uma maior disponibilidade de luz natural. Entretanto, observando o consumo de energia entre as taxas de 45% até 75%, a diferença é menos expressiva.

Em Porto Alegre, a orientação solar Oeste apresentou o maior consumo de energia no WWR 15%. Em média, seu consumo foi 17% maior do que as demais orientações para mesma taxa. Enquanto que, para a mesma orientação Oeste, a diferença para o WWR de 75% foi de 37%.

O Quadro 12 contém as porcentagens de consumo para os WWR do clima de Porto Alegre. O cálculo é baseado no consumo de WWR 15%.

Quadro 12 – Comparativo do consumo de energia para iluminação segundo WWR e SO para Porto Alegre

Orientação Solar	WWR				
	15	30	45	60	75
N	100.00%	87.32%	80.36%	77.97%	76.95%
S	100.00%	88.92%	80.28%	74.19%	72.99%
L	100.00%	86.97%	79.82%	76.93%	77.33%
O	100.00%	71.22%	66.58%	64.32%	63.28%
Média	100.00%	83.09%	76.32%	72.93%	72.19%

Campo Grande e Belém tiveram maior uso de energia com iluminação para orientação solar Sul. Para o WWR 15%, o consumo de Campo Grande em relação às demais orientação foi, em média, 9% superior. Já em Belém, a diferença foi de apenas 5%.

Os Quadros 13 e 14 contém as porcentagens de consumo para os WWR dos climas de Campo Grande e Belém. O cálculo é baseado no consumo de WWR 15%.

Quadro 13 – Comparativo do consumo de energia para iluminação segundo WWR e SO para Campo Grande

Orientação Solar	WWR				
	15	30	45	60	75
N	100.00%	84.93%	79.05%	76.79%	76.22%
S	100.00%	82.45%	80.23%	72.98%	71.02%
L	100.00%	90.37%	83.33%	82.39%	81.81%
O	100.00%	77.49%	77.63%	73.24%	72.00%
Média	100.00%	83.58%	79.97%	76.12%	75.00%

Quadro 14 – Comparativo do consumo de energia para iluminação segundo WWR e SO para Belém

Orientação Solar	WWR				
	15	30	45	60	75
N	100.00%	83.43%	79.21%	76.90%	76.95%
S	100.00%	88.04%	76.70%	74.91%	74.20%
L	100.00%	83.69%	82.16%	80.09%	79.16%
O	100.00%	88.31%	80.51%	77.02%	76.62%
Média	100.00%	85.91%	79.59%	77.18%	76.68%

A partir da análise dos resultados, é possível afirmar que, no estudo de caso estudado, a influência do WWR sobre o conforto lumínico dos usuários é mais relevante entre as taxas de WWR 15%, 30% e 45%. Após a taxa de 45%, o desempenho da edificação assenta em valores próximos, não apresentando grande variação e, portanto, provendo valores de iluminação muito semelhantes.

4.4 Análise comparativa entre os parâmetros de desempenho

Após analisar os resultados obtidos para orientação solar e dimensão das aberturas, esta seção dedica-se à análise combinada dos parâmetros de simulação. O intuito é identificar de que modo os diferentes tipos de desempenho se relacionam. A partir disto, é possível estabelecer um paralelo entre seus efeitos sobre o estudo de caso estudado.

A utilização do consumo de energia como métrica, aqui, se mostra ainda mais relevante, na medida em que se unificam os parâmetros de simulação sob uma única medida.

4.4.1 Análise comparativa para o clima de Porto Alegre

Nesta seção, são dispostos os resultados referentes à comparação entre os três tipos de consumos para cidade de Porto Alegre. A análise é transcorrida nas quatro orientações solares (Gráficos 30, 31, 32 e 33). As informações são baseadas nas médias de consumo.

Gráfico 30 – Comparativo de energia necessária para resfriamento, aquecimento e iluminação em Porto Alegre na orientação Norte

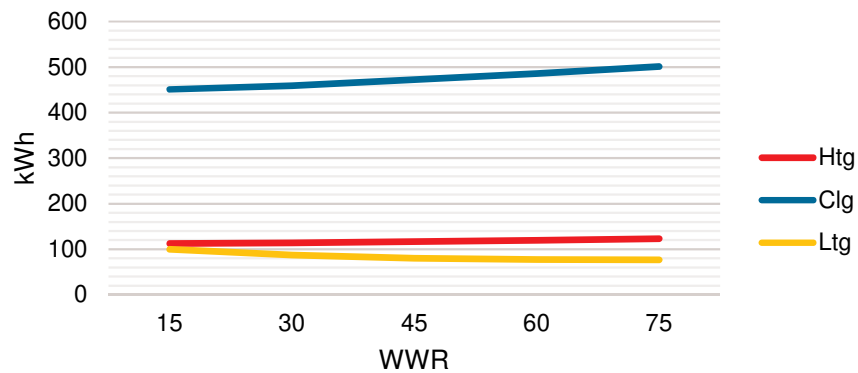


Gráfico 31 – Comparativo de energia necessária para resfriamento, aquecimento e iluminação para Porto Alegre na orientação Sul

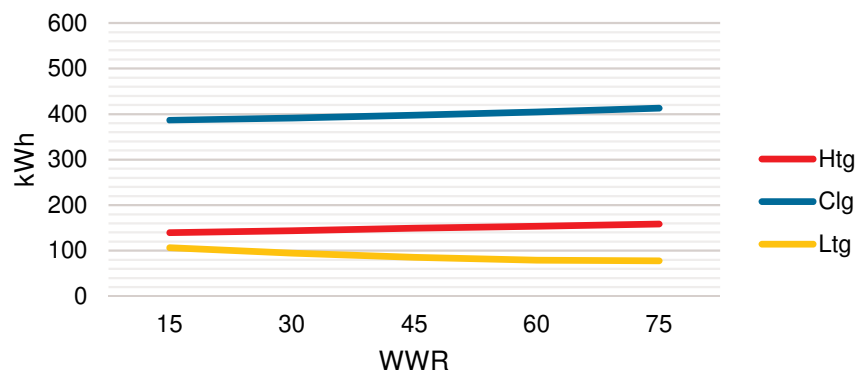


Gráfico 32 – Comparativo de energia necessária para resfriamento, aquecimento e iluminação para Porto Alegre na orientação Leste

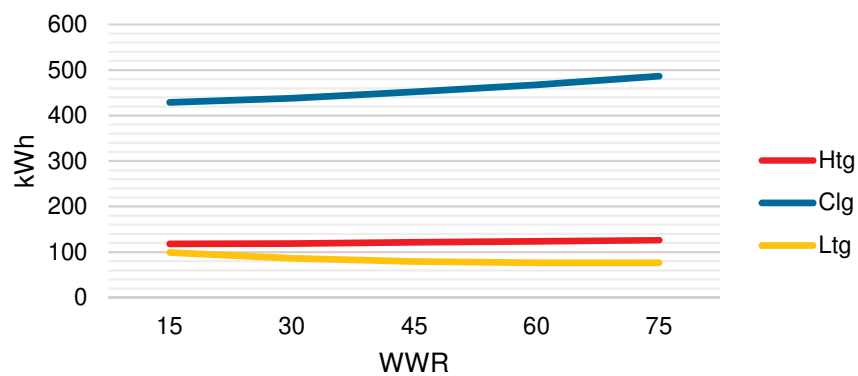
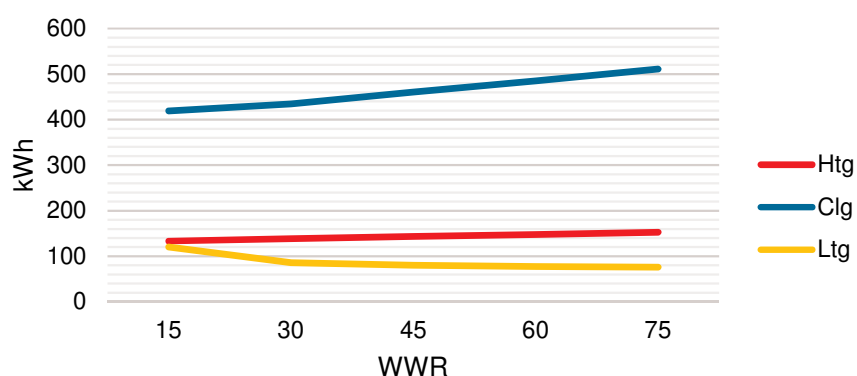


Gráfico 33 – Comparativo de energia necessária para resfriamento, aquecimento e iluminação para Porto Alegre na orientação Oeste



Conforme demonstrado nos gráficos, a medida em que a dimensão da abertura aumenta, aumentam também o consumo com resfriamento. A incidência solar no interior da edificação eleva a temperatura do ambiente, fazendo com que o sistema de condicionamento de ar seja necessário.

O consumo com aquecimento também aumenta com o acréscimo do WWR. Entretanto, a diferença entre as taxas é bem menor em relação ao resfriamento. Ainda assim, quanto maior a abertura, maior a necessidade de condicionamento de ar durante o inverno. Isto se deve porque a abertura apresenta uma baixa resistência térmica, facilitando as trocas de calor do ambiente interno para o externo.

Já a iluminação apresenta um comportamento contrário aos parâmetros térmicos. De acordo com os gráficos, quanto maior a abertura, menor é o consumo com energia para iluminação. Com janelas maiores, a iluminação natural penetra nos ambientes diminuindo a necessidade de iluminação artificial. Para aberturas menores do que WWR 30%, a iluminação natural do ambiente fica prejudicada, elevando os gastos de energia com iluminação artificial.

Para Porto Alegre, o impacto de parâmetros térmicos e lumínicos sobre o consumo de energia da edificação se mostrou antagônico. Isto significa que, ao analisarmos o impacto através da variação do WWR, quanto maior o consumo com condicionamento térmico, menor será o consumo com iluminação artificial.

4.4.2 Análise comparativa para o clima de Campo Grande

Aqui é realizada a análise comparativa para os resultados da cidade de Campo Grande. Assim como para Porto Alegre a análise é realizada para as quatro orientações solares. A comparação entre as médias de consumo de energia para resfriamento, aquecimento e iluminação são apresentadas nos Gráficos 34, 35, 36 e 37.

Gráfico 34 – Comparativo de energia necessária para resfriamento, aquecimento e iluminação para Campo Grande na orientação Norte

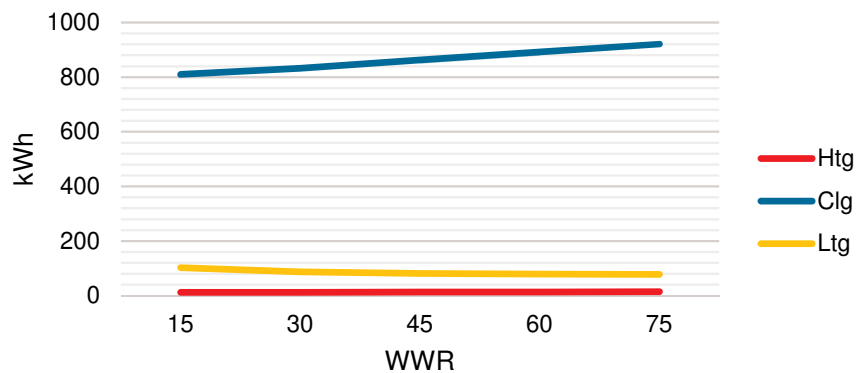


Gráfico 35 – Comparativo de energia necessária para resfriamento, aquecimento e iluminação para Campo Grande na orientação Sul

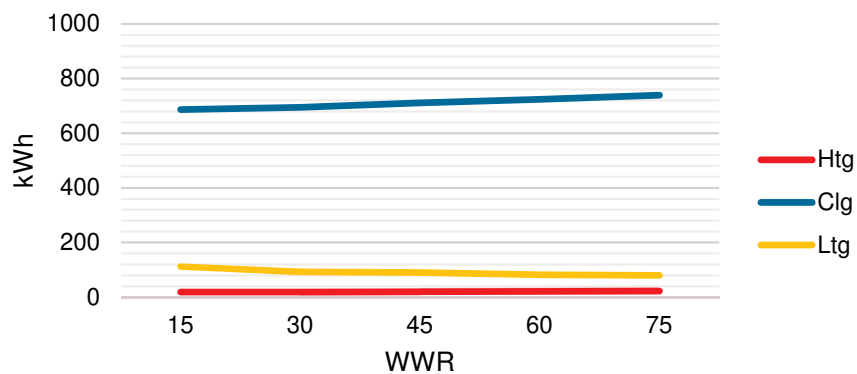


Gráfico 36 – Comparativo de energia necessária para resfriamento, aquecimento e iluminação para Campo Grande na orientação Leste

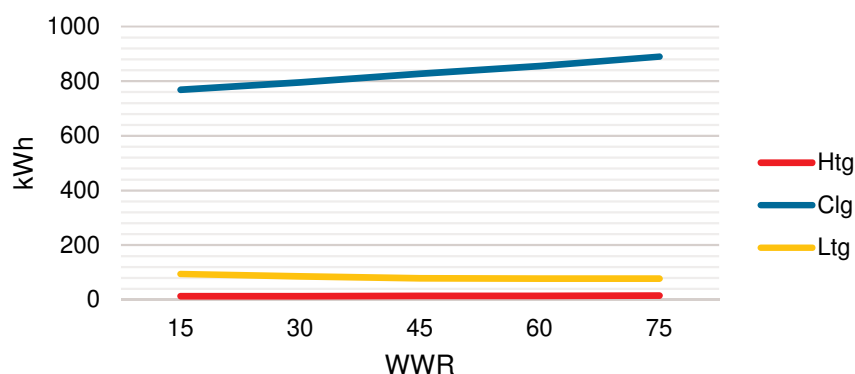
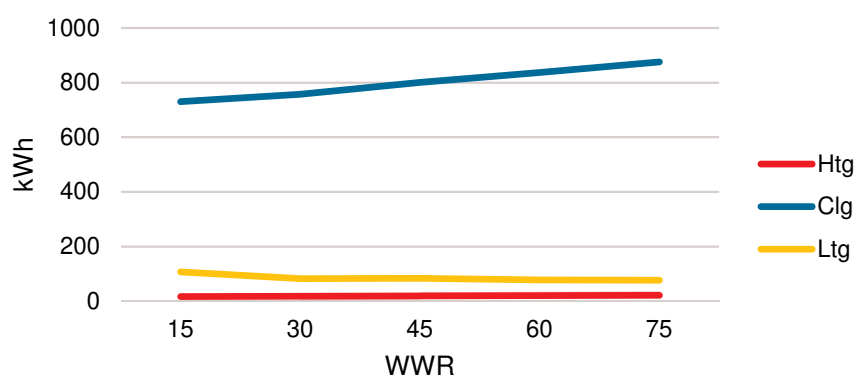


Gráfico 37 – Comparativo de energia necessária para resfriamento, aquecimento e iluminação para Campo Grande na orientação Oeste



A medida em que o tamanho da abertura aumenta, crescem também os consumos com resfriamento e aquecimento. Embora os números do aquecimento sejam muito inferiores aos de resfriamento, o comportamento permanece a mesmo em todos os gráficos.

Nota-se que o consumo com iluminação é superior ao de aquecimento para as quatro orientações solares. Entre o 45% e o 75%, a diferença de consumo de iluminação é de apenas 3,7%, de 81kWh para 78kWh.

Embora a diferença para aquecimento entre os WWR 15 % e 75% seja de 20% na orientação Norte, seus consumos médios são muito baixos, 12kWh e 15kWh respectivamente. Este baixo consumo se repete para as demais orientações solares.

Particularmente, para Sul, a diferença de consumo médio de iluminação no intervalo entre WWR30% e 45% é de apenas 2%, de 92kWh para 90kWh. E em Oeste, a diferença é nula, onde o consumo médio é de 83kWh.

Para Campo Grande, os resultados sobre o consumo de energia também indicam um comportamento antagônico entre os parâmetros térmicos e lumínicos. Embora, neste clima, o maior impacto da variação do WWR e Orientação Solar esteja sobre o consumo de energia para resfriamento da edificação.

4.4.3 Análise comparativa para o clima de Belém

Nesta seção, é conduzida a comparação dos dados obtidos das simulações para a cidade Belém. A análise é realizada entre os usos de resfriamento, aquecimento e iluminação (Gráficos 38, 39, 40 e 41). Para a relação observada, são consideradas as quatro orientações solares e o WWR.

Gráfico 38 – Comparativo de energia necessária para resfriamento, aquecimento e iluminação para Belém na orientação Norte

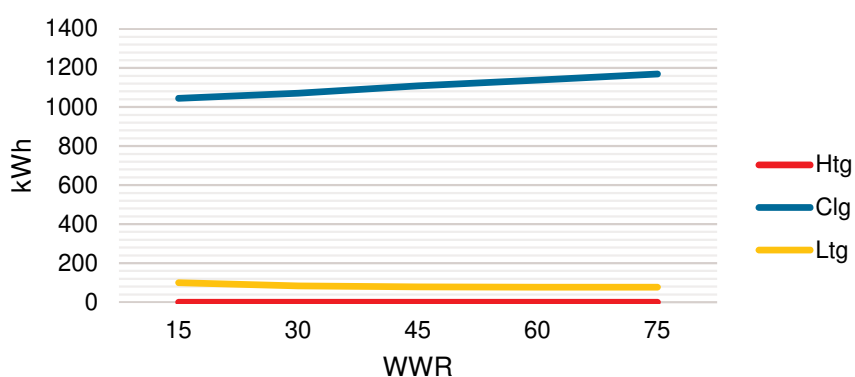


Gráfico 39 – Comparativo de energia necessária para resfriamento, aquecimento e iluminação para Belém na orientação Sul

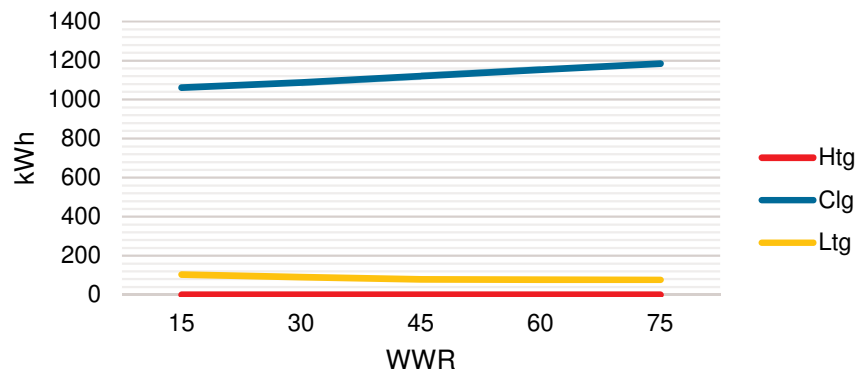


Gráfico 40 – Comparativo de energia necessária para resfriamento, aquecimento e iluminação para Belém na orientação Leste

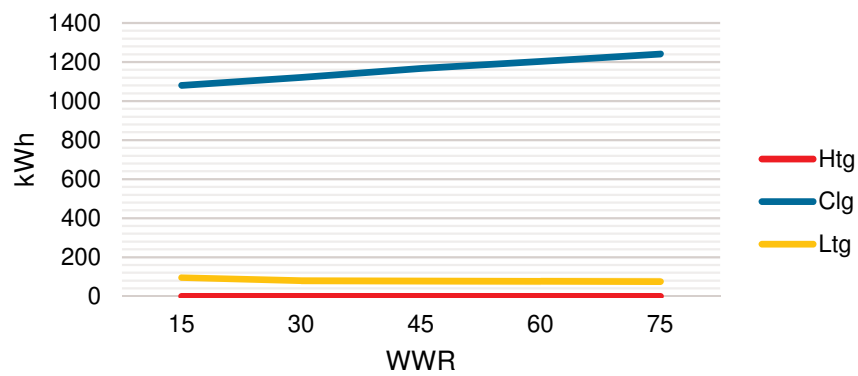
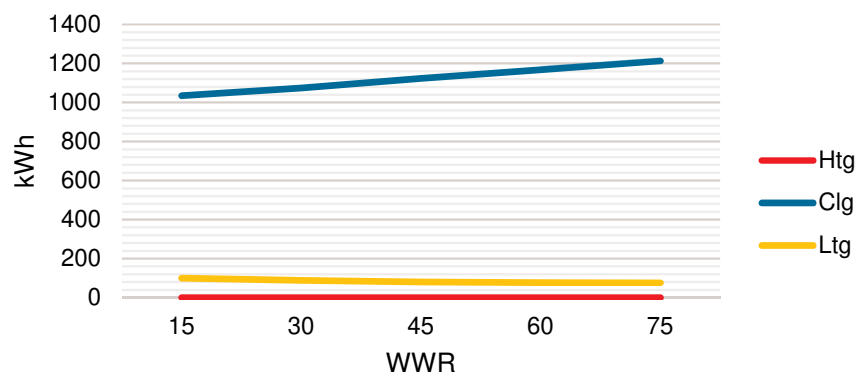


Gráfico 41 – Comparativo de energia necessária para resfriamento, aquecimento e iluminação para Belém na orientação Oeste



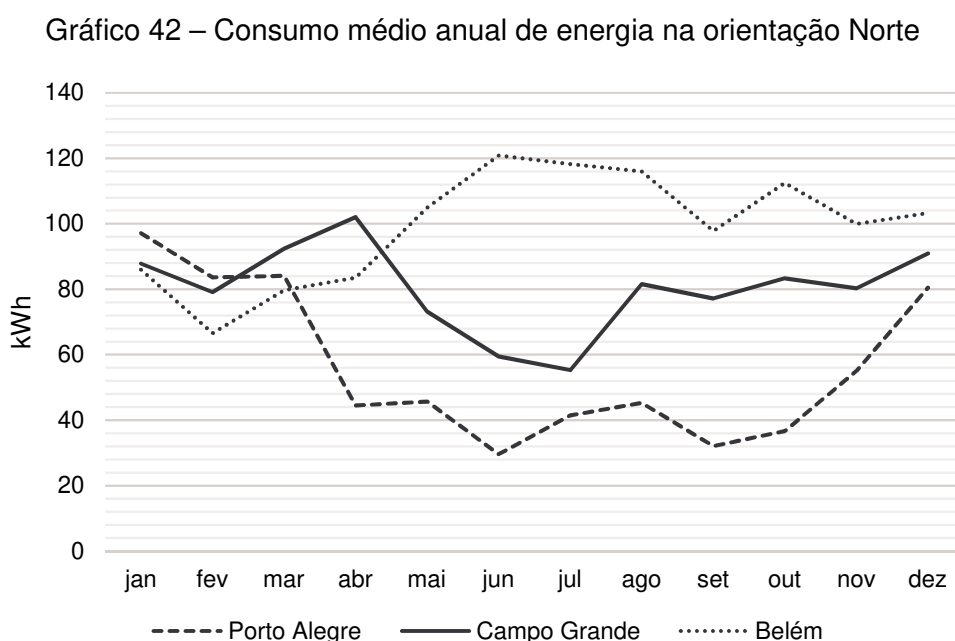
Conforme visto nas análises anteriores, Belém não apresenta consumo de energia com aquecimento. Os resultados levam a constatação de que, para este clima, a influência do resfriamento é muito superior a da iluminação em relação ao consumo total de energia.

A diferença entre os consumos médios de WWR 15% e 75% para resfriamento é de 11% na orientação Norte, 10% na orientação Sul, 13% na Leste e 15% na Oeste. Isto significa que a orientação solar, neste caso, não apresenta grande influência. Já a dimensão das aberturas pode ser considerada como fator determinante sobre o consumo de energia.

4.4.4 Conclusão da análise comparativa para os climas estudados

Em conclusão a análise dos resultados, esta seção retoma os dados obtidos sobre o consumo médio de energia para os três climas estudados. Primeiramente, são apresentados os resultados de cada cidade na orientação Norte e, posteriormente, os resultados em relação às faixas de WWR identificadas na seção anterior.

O Gráfico 42 exibe as médias de consumo de energia para as três cidades ao longo do ano simulado.



Somando os três tipos de uso de energia, Porto Alegre possui a menor média de consumo anual, 56kWh. Seus valores ultrapassam a média durante quatro meses ao ano, de novembro a fevereiro, quando há maior necessidade de resfriamento para manter o conforto térmico dos usuários.

Campo Grande, localizada no centro-oeste do Brasil, apresentou 80kWh de consumo médio anual. Durante o período analisado, o mês com maior consumo foi o de abril, ultrapassando a média em cerca de 21%. Julho, mês com menor consumo, apresentou valores 31% inferiores à média.

Em Belém, a média anual foi de 99kWh, sendo o mês de fevereiro o de menor consumo, cerca de 33% inferior à média. Ainda, com exceção do mês de novembro, o período de maio a dezembro apresentou valores superiores à média, chegando a ultrapassá-la em 18% no mês de junho. Com um consumo superior às demais cidades, Belém apresentou um consumo médio 20% maior que o de Campo Grande e 43% maior que o de Porto Alegre.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir das simulações, foi possível analisar o comportamento da edificação de interesse social unifamiliar em relação ao impacto dos parâmetros térmicos e lumínico sobre o consumo energético. Ao estudar o clima, orientação solar e dimensão das aberturas do projeto tipo, este trabalho investiga os pontos chave para a consideração do desempenho de edificações. Tendo em vista a abrangência sobre o território brasileiro, foram considerados para análise os climas das cidades de Porto Alegre, Campo Grande e Belém.

De modo geral, a orientação solar que mais contribuiu para o consumo com aquecimento e iluminação da edificação foi a Sul, seguido da orientação Oeste, Leste e, por fim, a orientação Norte. Esta última apresentou o maior consumo com resfriamento para os três climas estudados. As orientações Norte e Leste têm comportamento semelhante neste estudo de caso, assim como as orientações Sul e Oeste.

Porto Alegre, por estar situada na Zona Bioclimática 3, apresentou grande influência tanto da orientação solar quanto do tamanho da abertura sobre o seu desempenho. O uso de energia com aquecimento e resfriamento é determinado não só pelos materiais empregados, mas também pelas estratégias passivas empregadas no projeto. Em média, da energia anual gasta com conforto térmico dos usuários, 77% é destinada para resfriamento e 22% para aquecimento. A taxa de WWR 75% consumiu em média 11% mais energia com aquecimento do que a taxa de 15%, e 13% para resfriamento. Em relação à iluminação, aberturas maiores favorecem o ingresso da luz natural nos ambientes internos. O consumo médio de energia entre as taxas limites de WWR 15% e 75% diferiu em cerca de 28%.

Em Campo Grande, situada na Zona Bioclimática 6, o consumo com resfriamento foi expressivamente maior do que o de aquecimento. Ao observarmos as médias anuais entre os dois tipos de uso de energia, a distribuição é de 98% para resfriamento e 2% para aquecimento. A diferença entre as taxas de 15% e 75% foi de 23% para aquecimento e 15% para resfriamento. Já para iluminação, a taxa de 75% representa uma diminuição de 25% no consumo com iluminação natural.

Ainda para Campo Grande, é importante ressaltar que, tendo em vista os parâmetros de desempenho utilizados no projeto e o alto consumo apresentado nos

resultados, os materiais empregados não são suficientemente eficientes para manter a performance térmica da edificação para este clima.

Por sua situação geográfica, Belém do Pará não apresentou consumo com aquecimento. Situada na Zona Bioclimática 8, tal circunstância é prevista na Norma de Desempenho Brasileira. O consumo de energia com resfriamento, entretanto, foi o maior para os três climas. Seu consumo médio para este uso foi cerca de 2,5 maior do que Porto Alegre e 1,4 vezes maior que Campo Grande. Ao comparar a diferença entre as taxas de WWR, o consumo da taxa de 75% foi 14% superior ao da taxa de 15%. Já para iluminação, o uso de energia do WWR 75% foi 23% inferior do que o de 15%.

Deste modo, o efeito da orientação solar e da dimensão das aberturas sobre o desempenho foi testado. O impacto dos parâmetros térmicos e lumínico sobre o consumo energético se deu de tal forma que, analisando a influência sobre os três tipos de uso de uso, foi constatada a natureza oposta entre os desempenhos térmico e de iluminação.

Desta forma, este estudo realizou um comparativo entre os tipos de uso de energia com o intuito de indicar taxas ideais de WWR para utilização em projetos de habitação com características semelhantes ao estudo de caso. Para os climas de Porto Alegre e Campo Grande, o intervalo entre as taxas de 30% e 45% foi considerado aquele com maior equilíbrio entre os tipos de consumo. Já para Belém, este intervalo não se aplica, tendo em vista o alto consumo com resfriamento, muito superior ao consumo com iluminação.

Com a realização deste trabalho foi possível reconhecer de que modo a orientação solar e a dimensão das aberturas podem auxiliar na elaboração de melhores projetos para habitações de interesse social.

Por fim, deve-se ressaltar que este estudo analisou três cidades brasileiras. Contudo, o território brasileiro abrange oito zonas bioclimáticas. Cada uma delas possui diferentes características que influenciam diretamente no desempenho energético. Além disso, existem inúmeras tecnologias sendo empregadas na construção de habitações sociais. Isto posto, outros sistemas devem ser analisados, bem como outras estratégias de conforto passivas que diminuam ainda mais o consumo energético, aumentando a qualidade da edificação e o conforto dos usuários.

REFERÊNCIAS

- ACOSTA, I; CAMPANO, M. A.; MOLINA, J. F. Window design in architecture: Analysis of energy savings for lighting and visual comfort in residential spaces. **Applied Energy**, v.168, p. 493-506, 2016.
- ALRUBAIIH, M. S. et al. Research and development on aspects of daylighting fundamentals. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.21, p. 494-505, 2013.
- ANTONIADOU, P.; PAPADOPOULOS, A. M. Occupants' thermal comfort: State of the art and the process of personalized assessment in office buildings. **Energy and Buildings**, v.153, p. 136-149, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220 - Desempenho térmico de edificações – Partes 1 a 4**. Brasil, 2005
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575 - Desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Partes 1-6**. Brasil, 2013.
- AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. **ASHRAE standard 55-2010. In: Thermal environmental conditions for human occupancy**. ASHRAE Atlanta, GA; 2010.
- AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. **ASHRAE Handbook – Fundamentals**. Estados Unidos, 2017.
- ASSIS, E. S. et al. Habitação social e eficiência energética: um protótipo para o clima de Belo Horizonte. **II Congresso Brasileiro de Eficiência Energética**. Vitória, 2005.
- BARBOZA, A. S. R. e al. A técnica da coordenação modular como uma ferramenta diretiva de projeto. **Ambiente Construído**, v.11, n.2, p. 97-109, 2011.
- BOERSTRA, A. et al. Impact of available and perceived control on comfort and health in European office buildings. **In: Proceedings of 7^a Windsor Conference**. Windsor, 2012.
- BRANDÃO, D. Q. Disposições técnicas e diretrizes para projeto de habitações de interesse sociais evolutivas. **Ambiente Construído**, v.11, n.2, p. 73-96, 2011.
- BRASIL. **Balanço Energético Nacional: Relatório Final**. Empresa de Pesquisa Energética, Rio de Janeiro, 2017.
- BRITO, A. C. et al. Contribuições para o aprimoramento da NBR 15.575 referente ao método simplificado de avaliação de desempenho térmico de edifícios. **In: XIV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**. Juiz de Fora, 2012.

CAIXA. **Banco de projetos - Projetos de Habitação de Interesse Social (HIS)**. 2017. Disponível em <<http://www.caixa.gov.br/site/paginas/downloads.aspx>>. Acesso em: 03 nov. 2017.

CARLUCCI, S. et al. A review of indices for assessing visual comfort with a view to their use in optimization processes to support building integrated design. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 47, n. 7491, p. 1016–1033, 2015.

CARMODY et al. **Window System for High- Performance Buildings**. W. W. Norton and Company, New York, New York, 2004.

CARVALHO, M. T. M.; SPOSTO, R. M. Metodologia para avaliação da sustentabilidade de habitações de interesse social com foco no projeto. **Ambiente Construído**, v.12, n.1, p. 207-225, 2012.

CHI, D. A.; MORENO, D.; NAVARRO, J. Design optimisation of perforated solar facades in order to balance daylighting with thermal performance. **Building and Environment**, v. In press, p. 47, 2017.

CHVATAL, K. M. S. Avaliação do procedimento simplificado da NBR 15575 para determinação do nível de desempenho térmico de habitações. **Ambiente Construído**, v.14, n.4, p. 119-134, 2014.

CRAWLEY, D. B. **Building Performance Simulation: a Tool for Policymaking**. 306 p. Tese (doutorado) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Strathclyde, 2008.

DEAR, R. J.; BRAGER, G. S. Developing an adaptative model on thermal comfort and preference. **ASHRAE Transactions**, v.104, p. 1-19, 1998.

DEAR, R. J.; BRAGER, G. S. Thermal comfort in naturally ventilated buildings: revisions to ASHRAE Standard 55. **Energy and Buildings**, v.34, p. 549-561, 2002.

DIDONÉ, E. L. **A influência da luz natural na avaliação da eficiência energética de edifícios contemporâneos de escritórios em Florianópolis/SC**. 179 p. Dissertação (mestrado) – Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina, 2009.

ENERGYPLUS. **Weather Data by Region**. Disponível em <<https://energyplus.net/weather>>. Acesso em: 22 mai. 2018.

EVOLA, G.; GULLO, F.; MARLETTA, L. The role of shading devices to improve thermal and visual comfort in existing glazed buildings. **Energy Procedia**, v.134, p. 346–355, 2017.

FUTRELL, B. J.; OZELKAN, E. C.; BRENTRUP, D. Optimizing complex building

design for annual daylighting performance and evaluation of optimization algorithms.

Energy and Buildings, v. 92, p. 234–245, 2015.

GHISI, E.; TINKER, J. A. An Ideal Window Area concept for energy efficient integration of daylight and artificial light in buildings. **Building and Environment**, v.40, n.1, p. 51–61, 2005.

GIARMA, C.; TSIKALOUDAKI, K.; ARAVANTINOS, D. Daylighting and Visual Comfort in Buildings' Environmental Performance Assessment Tools: A Critical Review. **Procedia Environmental Sciences**, v.38, p. 522–529, 2017.

HEE, W. J. et al. The role of window glazing on daylighting and energy saving in buildings. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.42, p. 323–343, 2015.

HOES, P. et al. User behavior in whole building simulation. **Energy and Buildings**, v.41, n. 3, p. 295–302, 2009.

HWANG, T.; KIM, J. T. Effects of Indoor Lighting on Occupants' Visual Comfort and Eye Health in a Green Building. **Indoor and Built Environment**, v.20, n.1, p. 75–90, 2011.

INMET. **Gráficos Climatológicos**. Cidades: Belém do Pará, Campo Grande e Porto Alegre. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em < <http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em: 22 mai. 2018.

KIM, W.; KIM, J. T. The scope of the glare light source of the window with non-uniform luminance distribution. **Indoor and Built Environment**, v.20, n. 1, p. 54–64, 2011.

KIRIMTAT, A. et al. Review of simulation modeling for shading devices in buildings. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.53, p. 23–49, 2016.

KUHN, T. E. State of the art of advanced solar control devices for buildings. **Solar Energy**, v.154, p. 112–133, 2017.

LI, D. H. W. et al. A study of the daylighting performance and energy use in heavily obstructed residential buildings via computer simulation techniques. **Energy and Buildings**. v.38, p. 1343–1348, 2006.

MAHDAVI, A. The human dimension of building performance simulation. **Proceedings of Building Simulation**, p. 16–33, 2011.

MANU, S. et al. Field studies of thermal comfort across multiple climate zones for the subcontinent: India model for adaptive comfort (IMAC). **Building and Environment**, v.98, p. 55–70, 2016.

MANZANO-AGUGLIARO, F. et al. Review of bioclimatic architecture strategies for achieving thermal comfort. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.49, p.

736–755, 2015.

MAYER, R. **A Gramática Da Habitação Mínima: Análise do Projeto da Habitação de Interesse Social em Porto Alegre e Região Metropolitana.** 205 p. Tese (doutorado) – Departamento de Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2012.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. N. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil.** Oficina de Textos, São Paulo, 2007.

MORENO, A. C. R.; MORAIS, I. S. DE; SOUZA, R. G. DE. Thermal Performance of Social Housing-A Study Based on Brazilian Regulations. **Energy Procedia**, v.111, p. 111–120, 2017.

MURGUL, V.; VATIN, N.; ZAYATS, I. The role of the solar light quantity in the architectural forming of buildings. **Procedia Engineering**, v.117, n.1, p. 824–829, 2015.

NABIL, A, MARDALJEVIC, J. Useful Daylight Illuminances: A replacement for daylight factors. **Energy and Buildings**, v.38, p. 905-913, 2006.

NAZZAL, A. A. A new evaluation method for daylight discomfort glare. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v.35, n.4, p. 295–306, 2005.

OKEIL, A. A holistic approach to energy efficient building forms. **Energy and Buildings**, v.42, n 9, p. 1437–1444, 2010.

OLIVEIRA, D. F. **Aviação pós-ocupação em conjunto habitacional de interesse social construído com paredes de concreto moldadas in loco na cidade de Santa Maria -RS.** 117 p. Dissertação (mestrado) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, 2016.

OLIVEIRA, R. D.; SOUZA, R. V. G.; SILVA, R. M. Issues to be improved on the thermal performance standards for sustainable buildings consolidation: an overview of Brazil. **Energy Procedia**, v.111, p. 71-80, 2017.

OMRANI, S. et al. Effect of natural ventilation mode on thermal comfort and ventilation performance: Full-scale easurement. **Energy and Buildings**, v.156, p. 1-16, 2017.

PASSOS, I.; LAMENHA, M.; CABÚS, R. Análise comparativa entre desempenho luminoso e eficiência energética utilizando o TropLux. **Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, v.15, n.1, p. 53–62, 2014.

PEETERS, L. et al. Thermal comfort in residential buildings: comfort values and scales for building energy simulation. **Applied Energy**, v.86, p. 772-780, 2009.

PEREIRA, A. C. W. **Diretrizes para implantação de sistemas construtivos abertos na habitação de interesse social através da modulação.** 151 p. Dissertação

(mestrado) – Departamento de Construção Civil, Universidade Federal do Paraná, 2005.

PERSSON, M. L.; ROOS, A.; WALL, M. Influence of window size on the energy balance of low energy houses. **Energy and Buildings**, v. 38, n. 3, p. 181–188, 2006.

PIRES, J. R. et al. Onvestigação da viabilidade da redução do consumo de energia elétrica em edificações residenciais verticais através de soluções de conforto ambiental passivo - Bento Gonçalves/RS. **ENTAC**, p. 745–751, 2012.

PIRES, J. R. **Investigação da viabilidade da redução do consumo de energia elétrica em edificações residenciais através da aplicação de soluções de conforto ambiental passivo**. 230 p. Dissertação (mestrado) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, 2013.

SILVA, A. S.; GHISI, E. Análise comparativa dos resultados do desempenho térmico da envoltória de uma edificação residencial pelos métodos de simulação do RTQ-E e da NBR 15575-1. **Ambiente Construído**, v.14, n.1, p. 213-230, 2014.

SOARES, M. M.; SILVA, A. C. S. B. DA. Análise e compatibilização dos métodos simplificado e por simulação da NBR 15575: zona bioclimática 2. **Ambiente Construído**, v.17, n.1, p. 305–327, 2017.

SOLER, D.; SALANDIN, A.; MICÓ, J. C. Lowest thermal transmittance of an external wall under budget, material and thickness restrictions: And integer linear programming approach. **Energy and Buildings**, v.158, p. 222-233, 2018.

SORGATO, M. J. et al. Análise do procedimento de simulação da NBR 15575 para avaliação do desempenho térmico de edificações residenciais. **Ambiente Construído**, v.14, n.4, p. 83–101, 2014.

SORGATO, M. J.; MELO, A. P.; LAMBERTS, R. Análise de método de simulação de desempenho térmico da norma NBR 15.575. **Paranoá**, n.12, p. 13-22, 2014.

SOUSA, I. G. **Habitação Social no programa Minha Casa Minha Vida: avaliação do Residencial Pitangueiras, São José de Ribamar/MA, sob as preferências do usuário**. 147 p. Dissertação (mestrado) – Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, 2017.

TALEGHANI, M. et al. A review into thermal comfort in buildings. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.26, p. 201-215, 2013.

THALFELDT, M.; KURNITSKI, J.; VOLL, H. Detailed and simplified window model and opening effects on optimal window size and heating need. **Energy and Buildings**, v.127, p. 242–251, 2016.

TRIANA, M. A.; LAMBERTS, R.; SASSI, P. Characterisation of representative building typologies for social housing projects in Brazil and its energy performance. **Energy Policy**, v. 87, p. 524–541, 2015.

XUE, P.; MAK, C. M.; CHEUNG, H. D. The effects of daylighting and human behavior on luminous comfort in residential buildings : A questionnaire survey. **Building and Environment**, v.81, p. 51–59, 2014.

YU, S. et al. Impact of Civil Envelope on Energy Consumption based on EnergyPlus. **Procedia Engineering**, v.121, p. 1528–1534, 2015.

YU, X.; SU, Y. Daylight availability assessment and its potential energy saving estimation – A literature Review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.52, p. 494-503, 2015.

APÊNDICE A – ZONA BIOCLIMÁTICA 3: PORTO ALEGRE

Tabela A.1 – Dados de consumo energético para Porto Alegre:
Window-to-Wall Ratio 15%

Posição 01													
D1	Htg	0.14	0	0.12	1.97	25.43	15.74	24.65	14.4	5.83	3.53	0.82	0.53
D1	Clg	81.41	70.73	68.06	28.34	4.97	1.09	2.78	15.35	13.01	20.45	39.66	62.87
D1	Lgt	7.63	7.13	8.18	8.21	8.63	8.46	8.8	8.62	7.9	8.03	7.43	7.81
D2	Htg	0.1	0	0.21	3.32	31.99	21.35	30.51	18.59	7.5	4.06	0.77	0.37
D2	Clg	81.05	65.09	52.31	14.47	1	0.02	0.32	5.12	5.23	13.81	37.1	64.66
D2	Lgt	7.81	7.45	8.62	8.64	9.01	8.82	9.1	9	8.37	8.36	7.67	7.96
ES	Htg	0.51	0.01	0.35	4.8	36.32	25.9	36.2	22.68	11.84	8.63	2.44	1.56
ES	Clg	100.94	83.89	82.06	36.87	10.16	4.31	4.94	21.71	20.48	29.14	55.89	84.57
ES	Lgt	8.81	7.84	8.53	8.09	8.31	8.04	8.92	8.73	7.78	8.94	8.55	9.52
Posição 02													
D1	Htg	0.02	0	0.07	2.46	31.69	20.99	30.13	17.75	6.69	2.86	0.37	0.15
D1	Clg	82.89	66.84	53.06	14.06	0.95	0.02	0.28	4.84	4.94	13.34	37.25	65.57
D1	Lgt	7.85	7.15	7.85	7.98	8.88	8.7	9.04	8.72	7.63	7.88	7.52	7.87
D2	Htg	0.15	0	0.27	3.84	30.81	21.14	30.1	18.97	8.24	5.04	0.98	0.57
D2	Clg	83.92	66.26	55.4	16.69	1.71	0.04	0.41	7.33	7.33	14.46	41.16	70.44
D2	Lgt	9.02	8.21	9.19	8.99	9.32	9.04	9.34	9.31	8.92	9.17	8.79	9.1
ES	Htg	0.49	0.04	0.43	4.69	36.96	25.34	35.82	22.37	11.44	7.58	2.61	1.39
ES	Clg	98.59	83.82	82.34	39.72	11.22	4.96	5.88	22.95	21.58	31.66	53.02	78.65
ES	Lgt	7.71	7.07	8.44	8.53	9.99	10.09	10.43	9.53	8.03	7.8	7.56	7.88
Posição 03													
D1	Htg	0.14	0	0.27	3.88	31.38	21.46	30.4	19.27	8.37	5.09	0.99	0.52
D1	Clg	80.74	63.6	52.4	15.49	1.63	0.04	0.41	6.6	6.61	13.24	38.15	66.63
D1	Lgt	8.12	7.62	8.72	8.69	9.07	8.86	9.15	9.04	8.49	8.55	7.93	8.19
D2	Htg	0.14	0	0.11	1.95	25.39	15.71	24.62	14.36	5.8	3.5	0.8	0.52
D2	Clg	81.57	70.86	68.16	28.38	4.98	1.1	2.79	15.37	13.04	20.49	39.73	62.98
D2	Lgt	8.07	7.49	8.5	8.44	8.83	8.63	8.97	8.84	8.18	8.35	7.83	8.19
ES	Htg	0.51	0.05	0.64	6.94	43.25	30.86	41.73	27.06	13.81	9.06	2.95	1.5
ES	Clg	100.85	80.52	68.49	26.23	4.19	1.68	1.81	11.03	13.64	27.48	53.78	84.47
ES	Lgt	8.26	8.22	10.03	10.28	11	10.83	11.2	10.92	9.68	9.22	8.25	8.64
Posição 04													
D1	Htg	0.2	0.01	0.2	2.74	25.37	16.7	25.36	15.6	6.82	4.48	1.04	0.74
D1	Clg	84.44	71.61	69.67	28.97	6.14	1.37	3.24	17.05	14.45	20.22	43.6	69.02
D1	Lgt	8.55	7.84	8.94	8.89	9.25	8.99	9.28	9.23	8.76	8.96	8.42	8.69
D2	Htg	0.04	0	0.05	1.58	25.85	16.28	25.12	14.35	5.39	2.44	0.37	0.18
D2	Clg	83.49	72.15	67.65	26.74	4.72	1.05	2.62	14.21	12.14	19.61	39.56	63.84
D2	Lgt	7.64	7.11	8.22	8.36	8.88	8.72	9.02	8.85	7.95	7.94	7.3	7.69
ES	Htg	0.49	0.02	0.65	7.37	42.85	31	41.66	27.65	14.43	10.13	2.76	1.49
ES	Clg	100.06	77.63	66.25	24.34	4.43	1.68	1.96	10.99	13.02	23.2	53.33	85.93
ES	Lgt	12.12	11.03	12.42	12.23	12.86	12.53	13.01	12.88	11.95	11.77	11.4	12.34

Tabela A.2 – Dados de consumo energético para Porto Alegre:
Window-to-Wall Ratio 30%

Posição 01													
D1	Htg	0.15	0	0.1	1.89	25.86	15.6	24.84	14.47	5.8	3.67	0.87	0.59
D1	Clg	82.62	72.03	69.85	29.7	5.23	1.12	2.96	16.25	13.56	20.97	40.49	63.85
D1	Lgt	7.37	6.92	8	8.07	8.49	8.36	8.69	8.48	7.72	7.84	7.18	7.63
D2	Htg	0.1	0	0.22	3.53	32.86	21.9	31.32	19.2	7.78	4.34	0.83	0.4
D2	Clg	82.12	65.85	52.89	14.59	0.96	0.02	0.3	5.24	5.21	13.92	37.64	65.56
D2	Lgt	6.59	6.43	7.76	8.05	8.54	8.43	8.71	8.47	7.57	7.49	6.53	6.9
ES	Htg	0.58	0.02	0.41	4.93	37.15	26.33	36.78	23.12	12.1	9.01	2.75	1.76
ES	Clg	101.35	84.68	83.75	38.48	10.46	4.32	5.11	22.76	21.23	29.47	56.31	84.83
ES	Lgt	5.73	5.5	6.3	6.37	6.64	6.61	6.99	6.73	6.05	6.22	5.62	6.2
Posição 02													
D1	Htg	0.02	0	0.05	2.09	32.45	21.31	30.72	17.75	6.21	2.45	0.27	0.13
D1	Clg	85.26	69.35	54.76	13.78	0.85	0.01	0.22	4.7	4.61	13.06	38.39	67.62
D1	Lgt	6.21	5.82	7.04	7.33	7.99	8	8.24	7.8	7.01	6.82	6.22	6.34
D2	Htg	0.17	0	0.29	4.02	31.39	21.58	30.85	19.5	8.52	5.31	1.09	0.65
D2	Clg	86.82	68.53	57.64	17.49	1.79	0.03	0.4	7.99	7.79	15.25	43.45	73.67
D2	Lgt	6.23	6.02	7.19	7.59	8.26	8.2	8.5	8.11	7.11	7.06	6.25	6.53
ES	Htg	0.51	0.06	0.5	4.71	37.85	25.91	36.52	22.59	11.29	7.4	2.66	1.43
ES	Clg	101.34	86.8	84.32	39.69	11.05	4.79	5.77	22.71	21.3	31.62	54.2	81.08
ES	Lgt	6.43	5.88	6.95	6.96	8.23	8.3	8.87	7.89	6.74	6.73	6.42	6.89
Posição 03													
D1	Htg	0.13	0	0.27	3.96	32.25	21.97	31.17	19.76	8.53	5.22	1	0.53
D1	Clg	81.64	64.2	52.71	15.3	1.57	0.03	0.38	6.53	6.36	13	38.27	67.24
D1	Lgt	6.46	6.31	7.65	7.98	8.53	8.42	8.71	8.43	7.52	7.41	6.42	6.71
D2	Htg	0.2	0.01	0.1	1.87	24.9	15.64	24.58	14.48	6.09	4.07	1.02	0.77
D2	Clg	82.16	70.65	69.88	28.77	5.64	1.13	2.92	16.81	13.69	18.47	40.97	65.61
D2	Lgt	6.96	6.6	7.68	7.82	8.32	8.22	8.54	8.25	7.47	7.55	6.84	7.3
ES	Htg	0.57	0.07	0.75	7.39	44.33	31.59	42.67	27.9	14.35	9.6	3.25	1.65
ES	Clg	102.19	81.56	69.41	26.79	4.24	1.65	1.83	11.35	13.86	27.98	54.67	85.88
ES	Lgt	6.94	6.96	8.72	9.07	9.89	9.79	10.22	9.81	8.38	8.04	6.81	7.69
Posição 04													
D1	Htg	0.22	0.01	0.22	2.95	26.17	17.17	26.15	16.25	7.13	4.78	1.14	0.83
D1	Clg	87.44	73.94	71.91	30.07	6.41	1.35	3.35	17.91	15.05	21.15	45.93	72.3
D1	Lgt	6.08	5.85	6.84	7.57	8.2	8.14	8.43	8.06	7.08	6.91	6.09	6.34
D2	Htg	0.03	0	0.03	1.28	26.56	16.52	25.64	14.35	4.99	2.06	0.26	0.14
D2	Clg	86.12	74.8	69.34	26.51	4.54	0.96	2.49	13.92	11.78	19.34	40.75	66.04
D2	Lgt	6.58	6.17	7.33	7.55	8.18	8.13	8.42	8.05	7.21	7.04	6.54	6.71
ES	Htg	0.59	0.05	0.77	7.99	44.12	32.05	43.07	28.84	15.3	10.9	3.22	1.76
ES	Clg	101.71	78.85	67.73	25.16	4.46	1.61	1.99	11.84	13.65	24.28	55.45	88.31
ES	Lgt	5.84	5.81	6.82	7.46	7.99	8.07	8.61	7.99	6.94	6.88	5.74	6.14

Tabela A.3 – Dados de consumo energético para Porto Alegre:
Window-to-Wall Ratio 45%

Posição 01													
D1	Htg	0.17	0	0.1	1.99	26.55	15.8	25.45	14.88	5.99	4	0.98	0.7
D1	Clg	84.13	73.59	72.03	31.47	5.84	1.29	3.37	17.54	14.32	21.71	41.54	65.13
D1	Lgt	6.44	6.13	7.23	7.51	8.02	7.94	8.23	7.92	7.13	7.11	6.37	6.69
D2	Htg	0.1	0	0.24	3.81	33.93	22.64	32.37	20	8.14	4.69	0.89	0.45
D2	Clg	83.74	67.03	53.72	14.83	0.93	0.01	0.29	5.44	5.25	14.19	38.46	66.89
D2	Lgt	6.06	5.9	7.2	7.64	8.26	8.21	8.5	8.1	7.17	6.96	6.11	6.19
ES	Htg	0.65	0.04	0.5	5.17	37.9	26.73	37.35	23.56	12.36	9.39	3.04	1.98
ES	Clg	103.44	86.85	86.73	40.65	11.14	4.56	5.62	24.2	22.32	30.43	57.65	86.53
ES	Lgt	5.43	5.11	5.93	6	6.37	6.34	6.64	6.38	5.77	5.9	5.47	5.64
Posição 02													
D1	Htg	0.03	0	0.04	1.92	33.2	21.67	31.38	17.8	5.95	2.5	0.29	0.17
D1	Clg	88.62	72.65	57.41	13.83	0.77	0	0.18	4.67	4.43	13.49	40.57	70.74
D1	Lgt	6.15	5.75	6.8	7.19	7.97	7.98	8.21	7.73	6.83	6.72	6.16	6.31
D2	Htg	0.18	0.01	0.29	4.24	32.08	22.17	31.79	20.18	8.77	5.59	1.15	0.74
D2	Clg	91.16	71.97	60.79	18.94	2.03	0.03	0.48	9.07	8.68	16.63	46.55	78.2
D2	Lgt	5.84	5.68	6.77	7.4	8.05	7.99	8.24	7.85	6.9	6.7	5.74	5.93
ES	Htg	0.57	0.09	0.6	4.86	38.85	26.54	37.45	22.92	11.33	7.61	2.87	1.57
ES	Clg	104.8	90.37	87.19	39.95	10.77	4.55	5.63	22.39	21.14	32.17	56.3	84.28
ES	Lgt	5.55	5.22	5.95	5.94	6.47	6.61	6.99	6.27	5.89	6.15	5.51	6.03
Posição 03													
D1	Htg	0.12	0	0.27	4.11	33.31	22.67	32.22	20.46	8.75	5.4	0.99	0.54
D1	Clg	83.28	65.35	53.34	15.18	1.51	0.03	0.34	6.51	6.13	12.82	38.7	68.34
D1	Lgt	5.73	5.65	6.93	7.46	8.1	8.05	8.31	7.89	6.95	6.65	5.75	5.79
D2	Htg	0.21	0.01	0.09	1.83	25.58	15.72	25.02	14.68	6.08	4.19	1.04	0.83
D2	Clg	83.45	72.08	71.86	30.07	5.91	1.14	3.09	17.7	14.11	18.57	41.57	66.44
D2	Lgt	6.03	5.79	6.87	7.17	7.83	7.81	7.97	7.57	6.83	6.69	6.02	6.17
ES	Htg	0.66	0.11	0.9	7.96	45.67	32.53	43.9	28.98	15.07	10.3	3.64	1.87
ES	Clg	103.95	82.94	70.55	27.42	4.3	1.61	1.87	11.71	14.11	28.65	55.87	87.61
ES	Lgt	5.73	5.7	7.15	7.67	8.67	8.69	9.15	8.55	6.85	6.98	5.58	6.43
Posição 04													
D1	Htg	0.22	0.01	0.22	3.16	27.02	17.73	27.12	16.99	7.39	5.03	1.18	0.9
D1	Clg	91.86	77.45	75.21	31.66	6.95	1.41	3.6	19.12	16.02	22.63	49.05	76.85
D1	Lgt	5.91	5.71	6.68	7.43	8.1	8.07	8.35	7.91	6.95	6.65	5.75	5.97
D2	Htg	0.03	0	0.03	1.17	27.41	16.89	26.34	14.47	4.82	2.11	0.27	0.19
D2	Clg	89.34	77.93	71.76	26.59	4.36	0.87	2.35	13.68	11.5	19.67	42.75	69
D2	Lgt	5.92	5.58	6.59	7	7.75	7.73	7.97	7.52	6.64	6.59	5.96	6.07
ES	Htg	0.69	0.08	0.91	8.62	45.24	32.97	44.3	29.96	16.06	11.61	3.68	2.06
ES	Clg	106.22	82.51	71.5	27.57	4.91	1.6	2.1	13.38	15.25	26.59	59.39	93.43
ES	Lgt	5.06	4.98	5.77	6.58	7	6.95	7.36	7.07	6.14	6.05	5.12	5.54

Tabela A.4 – Dados de consumo energético para Porto Alegre:
Window-to-Wall Ratio 60%

Posição 01													
D1	Htg	0.2	0.01	0.11	2.16	27.21	16.09	26.06	15.32	6.21	4.33	1.09	0.82
D1	Clg	85.53	74.99	74.05	33.26	6.76	1.71	3.94	18.91	15.2	22.59	42.63	66.36
D1	Lgt	5.77	5.57	6.74	7.06	7.68	7.7	7.95	7.48	6.69	6.53	5.92	5.94
D2	Htg	0.1	0	0.25	4.09	34.82	23.22	33.2	20.66	8.44	4.99	0.96	0.49
D2	Clg	85.1	68.03	54.52	15.19	0.94	0.01	0.31	5.67	5.39	14.59	39.3	68.08
D2	Lgt	5.73	5.59	6.86	7.29	7.95	7.95	8.18	7.73	6.84	6.6	5.9	5.9
ES	Htg	0.72	0.07	0.61	5.45	38.71	27.05	37.81	23.96	12.62	9.77	3.32	2.17
ES	Clg	104.8	88.43	89.01	42.54	12.09	4.97	6.25	25.51	23.31	31.3	58.71	87.72
ES	Lgt	5.24	4.96	5.82	5.91	6.29	6.32	6.58	6.29	5.73	5.8	5.41	5.45
Posição 02													
D1	Htg	0.04	0	0.04	1.96	33.56	21.94	31.91	17.89	5.9	2.75	0.36	0.23
D1	Clg	91.73	75.5	59.96	14.26	0.71	0	0.17	4.71	4.38	14.39	42.96	73.73
D1	Lgt	5.92	5.58	6.58	7.07	7.75	7.74	7.99	7.54	6.68	6.54	5.94	6.04
D2	Htg	0.2	0.01	0.3	4.5	32.68	22.66	32.58	20.79	9.02	5.88	1.23	0.83
D2	Clg	94.98	75.01	63.6	20.36	2.36	0.07	0.67	10.15	9.64	18.12	49.58	82.38
D2	Lgt	5.68	5.52	6.41	7.01	7.82	7.84	7.97	7.5	6.74	6.35	5.59	5.71
ES	Htg	0.65	0.13	0.72	5.12	39.65	26.98	38.06	23.19	11.52	8	3.13	1.75
ES	Clg	107.9	93.34	90.03	40.62	10.73	4.5	5.59	22.4	21.27	33.13	58.75	87.26
ES	Lgt	5.33	4.97	5.72	5.69	5.91	6.03	6.29	5.94	5.69	5.79	5.45	5.49
Posição 03													
D1	Htg	0.11	0	0.26	4.25	34.09	23.16	32.96	20.95	8.88	5.53	0.99	0.55
D1	Clg	84.92	66.58	54.19	15.26	1.48	0.02	0.33	6.59	6.06	12.92	39.41	69.63
D1	Lgt	5.82	5.7	6.96	7.4	8.06	8.01	8.27	7.84	6.95	6.69	5.93	5.96
D2	Htg	0.21	0.01	0.09	1.88	26.26	15.86	25.44	14.91	6.12	4.32	1.06	0.88
D2	Clg	84.71	73.45	73.75	31.62	6.49	1.4	3.5	18.8	14.71	19.05	42.38	67.42
D2	Lgt	5.95	5.74	6.84	7.1	7.81	7.81	8.04	7.57	6.76	6.67	6.01	6.15
ES	Htg	0.73	0.15	1.05	8.54	46.97	33.46	45.07	30.03	15.7	10.94	3.98	2.06
ES	Clg	105.62	84.28	71.67	28.08	4.33	1.57	1.9	12	14.44	29.27	57.2	89.1
ES	Lgt	5.19	4.94	5.86	6.12	6.52	6.62	6.98	6.48	5.79	5.82	5.4	5.41
Posição 04													
D1	Htg	0.24	0.01	0.23	3.41	27.77	18.25	27.97	17.66	7.66	5.32	1.26	0.99
D1	Clg	95.68	80.49	78.15	33.18	7.61	1.58	3.88	20.33	17.05	24.22	52.1	80.99
D1	Lgt	5.73	5.55	6.61	7.02	7.82	7.87	8.02	7.53	6.78	6.53	5.67	5.76
D2	Htg	0.05	0	0.02	1.21	28	17.14	26.84	14.55	4.8	2.36	0.34	0.25
D2	Clg	92.08	80.49	74.02	27.04	4.27	0.82	2.27	13.58	11.46	20.56	45.02	71.75
D2	Lgt	5.75	5.48	6.43	6.85	7.65	7.52	7.8	7.41	6.51	6.39	5.82	5.83
ES	Htg	0.79	0.12	1.06	9.18	46.12	33.64	45.18	30.89	16.68	12.25	4.11	2.34
ES	Clg	110.49	86.01	75.19	29.96	5.47	1.63	2.29	14.9	16.82	28.89	63.04	98.13
ES	Lgt	4.92	4.77	5.8	6.32	6.69	6.71	7.07	6.67	5.92	5.91	5.06	5.16

Tabela A.5 – Dados de consumo energético para Porto Alegre:
Window-to-Wall Ratio 75%

Posição 01													
D1	Htg	0.23	0.01	0.12	2.38	27.96	16.54	26.79	15.85	6.5	4.69	1.22	0.94
D1	Clg	87.17	76.58	76.23	35.28	8.04	2.36	4.68	20.6	16.29	23.69	43.91	67.83
D1	Lgt	5.76	5.56	6.72	7.02	7.63	7.57	7.83	7.42	6.68	6.5	5.91	5.94
D2	Htg	0.12	0	0.27	4.37	35.69	23.8	33.99	21.32	8.76	5.32	1.05	0.55
D2	Clg	86.55	69.11	55.43	15.69	0.99	0	0.35	5.97	5.62	15.14	40.26	69.37
D2	Lgt	5.68	5.51	6.77	7.2	7.9	7.89	8.13	7.67	6.77	6.53	5.83	5.83
ES	Htg	0.8	0.1	0.74	5.84	39.54	27.45	38.4	24.47	12.99	10.22	3.65	2.38
ES	Clg	106.45	90.24	91.53	44.59	13.29	5.57	7	27.03	24.37	32.29	59.97	89.19
ES	Lgt	5.24	4.95	5.79	5.87	6.26	6.29	6.55	6.26	5.72	5.79	5.41	5.45
Posição 02													
D1	Htg	0.06	0	0.05	2.13	33.27	22.17	32.49	18.05	6.08	3.11	0.47	0.3
D1	Clg	96.06	79.13	63.12	15.06	0.68	0	0.17	4.85	4.57	16.26	45.93	77.74
D1	Lgt	5.88	5.56	6.6	7.05	7.73	7.7	7.94	7.51	6.67	6.5	5.89	5.94
D2	Htg	0.23	0.01	0.32	4.8	33.34	23.21	33.41	21.49	9.33	6.23	1.36	0.95
D2	Clg	98.84	78.06	66.57	22.02	2.89	0.14	0.99	11.43	10.77	19.84	52.77	86.66
D2	Lgt	5.63	5.44	6.35	6.95	7.74	7.8	7.92	7.42	6.69	6.31	5.56	5.66
ES	Htg	0.74	0.18	0.85	5.48	40.46	27.3	38.58	23.51	11.86	8.51	3.45	1.96
ES	Clg	110.96	96.22	92.84	41.62	10.78	4.5	5.61	22.52	21.6	34.67	61.45	90.5
ES	Lgt	5.39	5.02	5.76	5.77	6.06	6.3	6.56	5.96	5.75	5.9	5.47	5.58
Posição 03													
D1	Htg	0.11	0	0.27	4.43	34.91	23.7	33.74	21.5	9.09	5.72	1.02	0.57
D1	Clg	86.45	67.74	55.04	15.37	1.47	0.02	0.33	6.72	6.06	13.08	40.11	70.83
D1	Lgt	5.67	5.55	6.79	7.25	7.94	7.93	8.17	7.72	6.82	6.55	5.76	5.73
D2	Htg	0.23	0.01	0.09	2.04	27.16	16.2	26.05	15.32	6.29	4.56	1.12	0.95
D2	Clg	85.9	74.71	75.58	33.34	7.38	1.93	4.05	20	15.5	19.69	43.26	68.39
D2	Lgt	5.71	5.5	6.68	6.94	7.6	7.65	7.84	7.31	6.66	6.46	5.87	5.89
ES	Htg	0.82	0.2	1.21	9.04	48.01	34.13	45.95	30.85	16.23	11.52	4.34	2.27
ES	Clg	107.43	85.82	73.13	29.02	4.54	1.59	2	12.53	14.97	30.1	58.61	90.9
ES	Lgt	5.03	4.85	5.8	6	6.41	6.46	6.76	6.36	5.74	5.78	5.32	5.29
Posição 04													
O	D1	Htg	0.27	0.01	0.24	3.69	28.57	18.82	28.85	18.37	7.98	5.64	1.37
O	D1	Clg	99.53	83.56	81.16	34.89	8.47	1.85	4.28	21.72	18.2	25.91	55.27
O	D1	Lgt	5.69	5.51	6.54	7.04	7.83	7.85	7.99	7.5	6.75	6.47	5.61
L	D2	Htg	0.07	0	0.03	1.36	28.17	17.36	27.38	14.73	4.98	2.66	0.44
L	D2	Clg	95.71	83.67	76.91	27.99	4.25	0.8	2.21	13.71	11.71	22.36	47.79
L	D2	Lgt	5.78	5.49	6.45	6.91	7.66	7.52	7.8	7.43	6.54	6.46	5.86
O	ES	Htg	0.9	0.18	1.24	9.81	47.06	34.37	46.11	31.87	17.33	12.93	4.59
O	ES	Clg	114.84	89.62	78.78	32.42	6.13	1.72	2.59	16.51	18.42	31.15	66.75
O	ES	Lgt	4.81	4.64	5.33	6.02	6.46	6.51	6.82	6.44	5.75	5.62	4.93

APÊNDICE B – ZONA BIOCLIMÁTICA 6: CAMPO GRANDE

Tabela B.1 – Dados de consumo energético para Campo Grande:
Window-to-Wall Ratio 15%

Posição 01													
D1	Htg	0	0	0	0.32	3.25	0.87	1.87	0.81	0.94	0.01	0.21	0
D1	Clg	71.63	64.51	77.3	83.78	51.14	40.08	34.04	60.22	56.9	67.47	63.34	74.9
D1	Lgt	8.29	7.51	8.45	8.33	8.48	7.97	8.45	8.36	8.05	8.23	7.94	8.23
D2	Htg	0	0	0	0.49	4.92	1.46	3.19	1.11	1.39	0.01	0.19	0
D2	Clg	77.61	64.1	67.75	61.32	27.13	15.77	13.48	36.56	42.91	62.09	67.09	82.86
D2	Lgt	8.29	7.67	8.77	8.72	9.03	8.77	9.06	8.94	8.49	8.53	8.02	8.19
ES	Htg	0.08	0.06	0.01	0.91	5.18	2.86	5.06	1.81	2.49	0.19	0.95	0.23
ES	Clg	89.99	80.92	90.76	97.49	63.15	51.38	46.69	75.94	75.88	84.88	83.31	93.43
ES	Lgt	9.83	8.44	9.16	8.97	9.09	8.83	9.15	8.7	8.96	9.21	9.33	9.78
Posição 02													
D1	Htg	0	0	0	0.36	4.63	1.11	2.7	0.95	1.13	0.01	0.13	0
D1	Clg	79.73	66.24	70.74	64.13	27.39	15.58	13.35	36.79	43.99	64	68.46	84.53
D1	Lgt	7.67	7.12	8.12	8.04	8.53	8.47	8.73	8.29	7.75	7.76	7.39	7.65
D2	Htg	0	0	0	0.55	4.62	1.6	3.34	1.35	1.44	0.01	0.22	0
D2	Clg	78.26	66.97	67.19	60.37	28.97	18.3	16.83	40.61	48.45	63.36	70.12	84.24
D2	Lgt	8.63	7.88	8.91	8.82	9.14	8.87	9.16	9.06	8.66	8.82	8.43	8.63
ES	Htg	0.08	0.09	0.02	0.95	5.65	2.98	5.23	1.72	2.69	0.24	0.99	0.23
ES	Clg	87.72	77.81	92.63	100.9	65.49	53.68	47.1	75.23	72.19	83.97	78.7	89.81
ES	Lgt	7.5	6.81	7.97	8.52	9.58	9.63	9.72	8.55	7.91	7.7	7.36	7.64
Posição 03													
D1	Htg	0	0	0	0.55	4.72	1.61	3.41	1.35	1.47	0.01	0.22	0
D1	Clg	76.28	64.68	65.02	58.06	27.26	16.79	15.47	38.32	46.06	61.01	67.94	82.54
D1	Lgt	8.34	7.71	8.8	8.73	9.04	8.79	9.07	8.96	8.52	8.57	8.06	8.24
D2	Htg	0	0	0	0.32	2.88	0.88	1.82	0.98	0.93	0.01	0.24	0.01
D2	Clg	70.35	65.43	75.4	82.08	51.63	40.61	36.14	62.36	60.39	66.86	64.29	74.55
D2	Lgt	8.39	7.62	8.59	8.52	8.69	8.47	8.75	8.62	8.24	8.37	8.04	8.33
ES	Htg	0.08	0.09	0.03	1.33	7.73	4.44	7.43	2.35	3.45	0.29	1.02	0.22
ES	Clg	96.78	80.29	86.02	79.95	42.1	30.01	26.1	53.13	59.17	81.5	85.97	101.15
ES	Lgt	9.82	9.29	11.17	11.55	12.1	11.79	12.16	11.8	11.06	10.52	9.58	9.45
Posição 04													
D1	Htg	0	0	0	0.41	3.29	1.16	2.35	1.1	1.11	0.01	0.25	0.01
D1	Clg	72.49	67.3	76.05	80.79	50.56	39.5	35.53	61.54	61.16	68.53	66.45	76.54
D1	Lgt	7.94	7.22	8.13	8.2	8.67	8.43	8.7	8.55	8.07	8.19	7.78	7.97
D2	Htg	0	0	0	0.28	3.29	0.87	1.88	0.78	0.85	0.01	0.14	0
D2	Clg	74.1	66.44	79.14	83.39	48.82	37.24	31.46	57.74	56.46	68.95	64.84	76.97
D2	Lgt	7.15	6.64	7.54	7.26	7.89	7.87	8.08	7.6	7.28	7.36	6.94	7.16
ES	Htg	0.08	0.06	0.03	1.34	7.53	4.44	7.4	2.46	3.4	0.24	0.97	0.22
ES	Clg	94.45	78.11	78.64	71.89	39.41	28.64	26.05	52	59.25	76.82	85.07	99.9
ES	Lgt	9.2	8.33	9.5	10.04	11.54	11.53	11.86	10.86	9.34	8.98	8.69	9.01

Tabela B.2 – Dados de consumo energético para Campo Grande:
Window-to-Wall Ratio 30%

Posição 01													
D1	Htg	0	0	0	0.33	3.34	0.82	1.85	0.82	0.95	0.01	0.22	0
D1	Clg	73.03	65.38	78.85	86.62	53.76	42.83	36.42	63.17	58.71	68.72	64.45	76.06
D1	Lgt	7.13	6.55	7.57	7.57	7.8	7.55	7.8	7.7	7.28	7.29	6.93	7.1
D2	Htg	0	0	0	0.53	5.16	1.53	3.37	1.17	1.48	0.01	0.2	0
D2	Clg	79.11	64.76	68.43	62.07	27.44	16.01	13.73	37.2	43.46	62.92	68.17	84.25
D2	Lgt	6.72	6.31	7.54	7.81	8.16	7.99	8.22	7.87	7.31	7.13	6.64	6.74
ES	Htg	0.09	0.07	0.02	0.95	5.32	3.12	5.22	1.91	2.65	0.22	1.02	0.25
ES	Clg	90.95	81.7	92.43	100.49	66.1	54.2	49.19	79.19	77.61	85.94	84.14	94.15
ES	Lgt	7.33	6.38	7.24	7.16	7.24	6.9	7.16	6.79	6.8	6.86	6.89	7.16
Posição 02													
D1	Htg	0	0	0	0.32	4.69	1.04	2.56	0.92	1.02	0	0.12	0
D1	Clg	83.1	68.77	73.81	66.77	28.67	15.86	13.62	38.21	45.61	66.86	70.98	87.4
D1	Lgt	6.63	6.15	7.02	7.04	7.4	7.31	7.55	7.37	7	6.98	6.62	6.73
D2	Htg	0	0	0	0.57	4.76	1.63	3.49	1.41	1.51	0.01	0.24	0
D2	Clg	81.54	69.46	69.63	62.95	30.4	19.54	18.08	42.83	50.89	66.03	72.98	87.08
D2	Lgt	6.71	6.14	7.25	7.55	8.01	7.85	8.07	7.77	7.24	7.08	6.56	6.67
ES	Htg	0.08	0.11	0.03	0.98	5.82	3.21	5.42	1.79	2.74	0.27	1.02	0.24
ES	Clg	91.33	80.73	96.09	103.55	66.81	54.42	47.62	76.97	73.95	86.91	81.45	92.92
ES	Lgt	6.6	6.01	7.04	7.31	8.07	8.11	8.15	7.54	7.12	6.82	6.59	6.73
Posição 03													
D1	Htg	0	0	0	0.57	4.95	1.63	3.52	1.39	1.51	0.01	0.22	0
D1	Clg	77.73	65.27	65.68	58.73	27.28	16.69	15.42	38.68	46.43	61.69	68.86	83.83
D1	Lgt	6.69	6.29	7.52	7.77	8.13	7.96	8.19	7.85	7.31	7.13	6.62	6.7
D2	Htg	0	0	0	0.31	2.89	0.83	1.71	0.98	0.89	0.01	0.24	0
D2	Clg	71.75	66.32	77.07	85.05	54.11	43.12	38.26	65.19	61.98	68.02	65.32	75.71
D2	Lgt	7.25	6.67	7.72	7.75	7.98	7.58	7.93	7.77	7.37	7.41	7.05	7.23
ES	Htg	0.08	0.11	0.05	1.43	8.1	4.79	7.84	2.56	3.69	0.34	1.11	0.24
ES	Clg	97.79	80.71	86.48	80.47	42.46	30.26	26.3	53.76	59.65	82.01	86.64	102
ES	Lgt	6.88	6.54	8.4	9.42	10.07	9.94	10.24	9.44	8.55	7.45	6.6	6.56
Posição 04													
D1	Htg	0	0	0	0.44	3.49	1.22	2.53	1.17	1.18	0.01	0.25	0
D1	Clg	76.01	69.98	78.72	83.54	52.13	40.92	37.03	63.93	63.81	71.37	69.48	79.64
D1	Lgt	6.46	5.89	7	7.33	7.77	7.61	7.8	7.5	6.96	6.76	6.31	6.48
D2	Htg	0	0	0	0.25	3.3	0.82	1.76	0.75	0.75	0	0.12	0
D2	Clg	78.01	69.41	82.58	86.31	50.33	37.83	31.82	59.32	58.24	72.07	67.65	80.36
D2	Lgt	6.9	6.37	7.19	7.13	7.66	7.59	7.76	7.46	7.11	7.16	6.77	6.92
ES	Htg	0.08	0.08	0.04	1.45	7.94	4.89	7.96	2.71	3.72	0.29	1.08	0.24
ES	Clg	97.03	80.36	80.71	74.01	40.62	29.75	27.21	54.07	61.86	79.36	87.69	102.13
ES	Lgt	6.22	5.67	6.69	7	7.32	7.13	7.34	6.69	6.27	6.21	5.92	6.08

Tabela B.3 – Dados de consumo energético para Campo Grande:
Window-to-Wall Ratio 45%

Posição 01													
D1	Htg	0	0	0	0.35	3.49	0.83	1.91	0.85	0.99	0.01	0.22	0
D1	Clg	75.18	66.89	81.11	90.27	57.22	46.38	39.56	66.84	61.18	70.6	66.15	77.99
D1	Lgt	6.82	6.31	7.38	7.5	7.78	7.56	7.77	7.54	7.1	7.08	6.68	6.85
D2	Htg	0	0	0	0.57	5.42	1.58	3.56	1.24	1.57	0.01	0.2	0
D2	Clg	81.68	66.24	69.84	63.28	27.99	16.41	14.12	38.17	44.52	64.44	70.04	86.65
D2	Lgt	6.56	6.15	7.33	7.6	7.99	7.8	8.02	7.67	7.12	6.99	6.53	6.61
ES	Htg	0.1	0.09	0.03	1.03	5.58	3.46	5.55	2.06	2.87	0.27	1.11	0.27
ES	Clg	92.86	83.37	94.98	104.28	70.02	58.18	52.7	83.51	80.11	87.95	85.74	95.8
ES	Lgt	6.02	5.44	6.25	6.2	6.26	5.97	6.17	6	5.74	5.89	5.7	5.94
Posição 02													
D1	Htg	0	0	0	0.31	4.78	1.06	2.51	0.93	1.01	0	0.12	0
D1	Clg	87.06	71.85	77.4	69.9	30.77	16.9	14.49	40.4	47.74	70.25	74.17	90.84
D1	Lgt	6.42	5.98	6.9	6.93	7.3	7.13	7.36	7.23	6.85	6.83	6.45	6.52
D2	Htg	0	0	0	0.6	4.92	1.65	3.64	1.46	1.58	0.01	0.24	0
D2	Clg	86.32	73.23	73.31	66.56	32.38	21.3	19.87	45.75	54.29	69.89	77.13	91.41
D2	Lgt	6.69	6.14	7.3	7.61	7.96	7.81	8.02	7.69	7.18	7.04	6.52	6.62
ES	Htg	0.09	0.13	0.04	1.04	6.07	3.5	5.68	1.93	2.89	0.33	1.09	0.26
ES	Clg	95.36	83.98	99.77	106.44	68.43	55.4	48.33	79.16	75.98	90.35	84.59	96.53
ES	Lgt	5.9	5.33	6.04	5.86	6.49	6.34	6.59	6.16	5.98	5.99	5.78	5.97
Posição 03													
D1	Htg	0	0	0	0.58	5.2	1.61	3.61	1.43	1.54	0.01	0.21	0
D1	Clg	80.32	66.81	67.22	59.99	27.59	16.76	15.5	39.43	47.36	63.18	70.65	86.23
D1	Lgt	6.68	6.28	7.53	7.8	8.15	7.98	8.21	7.87	7.33	7.14	6.61	6.68
D2	Htg	0	0	0	0.31	3.01	0.83	1.72	1	0.9	0	0.24	0
D2	Clg	73.77	67.7	79.27	88.55	57.33	46.53	41.11	68.71	64.18	69.72	66.82	77.48
D2	Lgt	6.8	6.28	7.35	7.42	7.68	7.52	7.68	7.49	7.05	7.06	6.67	6.83
ES	Htg	0.09	0.13	0.07	1.55	8.49	5.16	8.3	2.8	3.95	0.41	1.2	0.25
ES	Clg	100.44	82.52	88.28	81.96	43.47	31	26.91	55.19	61.05	83.91	88.76	104.46
ES	Lgt	6.62	6.2	7.87	8.85	9.51	9.41	9.7	8.84	7.98	6.98	6.29	6.37
Posição 04													
D1	Htg	0	0	0	0.47	3.67	1.24	2.69	1.22	1.23	0.01	0.25	0
D1	Clg	80.94	73.91	82.62	87.39	54.29	42.77	38.95	67.05	67.46	75.43	73.75	84.08
D1	Lgt	6.67	6.12	7.28	7.57	7.94	7.77	7.99	7.67	7.17	7.02	6.51	6.61
D2	Htg	0	0	0	0.25	3.43	0.84	1.77	0.77	0.75	0	0.12	0
D2	Clg	81.97	72.44	86.1	89.42	52.08	38.95	32.66	61.46	60.33	75.43	70.87	83.88
D2	Lgt	6.35	5.92	6.85	6.92	7.29	7.14	7.38	7.22	6.83	6.81	6.43	6.49
ES	Htg	0.09	0.1	0.06	1.57	8.26	5.27	8.46	2.96	3.99	0.36	1.18	0.27
ES	Clg	102.12	84.71	85.06	78.21	43.47	32.31	29.67	57.82	66.01	83.87	92.36	106.78
ES	Lgt	6.15	5.56	6.57	6.86	7.09	6.91	7.07	6.52	6.16	6.12	5.84	6.01

Tabela B.4 – Dados de consumo energético para Campo Grande:
Window-to-Wall Ratio 60%

Posição 01													
D1	Htg	0	0	0	0.37	3.7	0.87	2.04	0.88	1.07	0	0.24	0.01
D1	Clg	77	68.13	82.86	93.17	60.3	49.67	42.61	70.08	63.32	72.21	67.6	79.57
D1	Lgt	6.49	5.99	7.03	7.13	7.43	7.31	7.53	7.3	6.86	6.89	6.47	6.55
D2	Htg	0	0	0	0.61	5.65	1.64	3.74	1.3	1.67	0.01	0.21	0
D2	Clg	83.82	67.45	70.95	64.25	28.53	16.87	14.54	39.07	45.48	65.75	71.59	88.53
D2	Lgt	6.36	5.91	7.05	7.32	7.71	7.54	7.72	7.41	6.89	6.84	6.34	6.38
ES	Htg	0.11	0.1	0.05	1.11	5.85	3.79	5.89	2.22	3.08	0.33	1.18	0.29
ES	Clg	95.01	85.06	97.42	107.64	73.69	62.15	56.21	87.42	82.51	89.97	87.51	97.68
ES	Lgt	6.09	5.47	6.22	6.13	6.18	5.84	6.02	5.92	5.72	5.93	5.73	6.01
Posição 02													
D1	Htg	0	0	0	0.34	4.92	1.1	2.55	0.96	1.06	0	0.13	0
D1	Clg	90.46	74.38	80.28	72.53	32.52	18.37	15.6	42.51	49.73	73.15	76.95	93.71
D1	Lgt	6.38	5.96	6.9	6.94	7.31	7.26	7.5	7.25	6.86	6.84	6.45	6.52
D2	Htg	0	0	0	0.64	5.1	1.72	3.86	1.52	1.68	0.01	0.25	0.01
D2	Clg	90.32	76.31	76.22	69.42	34.23	22.98	21.66	48.35	57.27	73.13	80.64	94.98
D2	Lgt	6.34	5.82	6.81	7.13	7.58	7.42	7.6	7.33	6.78	6.63	6.22	6.37
ES	Htg	0.1	0.15	0.06	1.11	6.32	3.78	5.95	2.1	3.06	0.39	1.17	0.29
ES	Clg	98.84	86.78	102.9	109.08	70.13	56.88	49.45	81.4	77.97	93.38	87.42	99.61
ES	Lgt	5.8	5.28	5.91	5.7	6.04	5.8	6.01	5.89	5.67	5.87	5.67	5.85
Posição 03													
D1	Htg	0	0	0	0.61	5.4	1.63	3.72	1.47	1.59	0	0.21	0
D1	Clg	82.5	68	68.41	60.98	27.95	16.93	15.66	40.17	48.16	64.44	72.14	88.15
D1	Lgt	6.44	5.93	7.21	7.5	7.9	7.72	7.93	7.6	7.04	6.89	6.33	6.43
D2	Htg	0	0	0	0.32	3.19	0.85	1.81	1.03	0.93	0	0.25	0.01
D2	Clg	75.51	68.84	81.01	91.33	60.19	49.71	43.94	71.79	66.1	71.21	68.12	78.94
D2	Lgt	6.45	5.95	6.98	7.11	7.39	7.26	7.49	7.27	6.84	6.87	6.44	6.51
ES	Htg	0.1	0.15	0.09	1.67	8.89	5.57	8.8	3.06	4.24	0.47	1.3	0.28
ES	Clg	102.59	83.96	89.54	82.69	43.92	31.26	27.09	56.05	61.94	85.42	90.5	106.51
ES	Lgt	5.98	5.46	6.49	6.73	7.26	7.06	7.29	6.52	6.13	6.02	5.68	5.91
Posição 04													
D1	Htg	0	0	0	0.51	3.86	1.28	2.89	1.27	1.31	0	0.26	0.01
D1	Clg	85.04	77.08	85.68	90.45	56.21	44.48	40.75	69.78	70.58	78.79	77.31	87.68
D1	Lgt	6.45	5.91	6.98	7.3	7.73	7.55	7.74	7.44	6.92	6.77	6.29	6.45
D2	Htg	0	0	0	0.27	3.56	0.86	1.85	0.8	0.79	0	0.13	0.01
D2	Clg	85.43	74.98	88.94	91.97	53.57	40.3	33.71	63.41	62.27	78.3	73.66	86.81
D2	Lgt	6.36	5.93	6.83	6.91	7.29	7.15	7.39	7.22	6.83	6.81	6.44	6.5
ES	Htg	0.1	0.12	0.09	1.7	8.64	5.71	9.04	3.25	4.29	0.44	1.29	0.29
ES	Clg	106.47	88.44	88.75	81.63	45.98	34.6	32	61.15	69.64	87.81	96.48	110.84
ES	Lgt	5.69	5.18	6.04	6.04	6.22	5.95	6.03	5.91	5.67	5.86	5.67	5.81

Tabela B.5 – Dados de consumo energético para Campo Grande:
Window-to-Wall Ratio 75%

Posição 01													
D1	Htg	0	0	0	0.41	3.95	0.96	2.24	0.94	1.18	0	0.26	0.01
D1	Clg	78.89	69.43	84.65	96.09	63.5	53.09	45.88	73.4	65.55	73.87	69.12	81.21
D1	Lgt	6.41	5.91	6.92	7.01	7.23	7.1	7.39	7.2	6.82	6.84	6.4	6.46
D2	Htg	0	0	0	0.66	5.88	1.71	3.95	1.37	1.78	0	0.23	0.01
D2	Clg	85.98	68.74	72.13	65.25	29.16	17.41	15.04	40.08	46.53	67.12	73.19	90.43
D2	Lgt	6.3	5.85	6.88	7.11	7.49	7.37	7.56	7.29	6.81	6.76	6.24	6.31
ES	Htg	0.12	0.12	0.07	1.2	6.16	4.14	6.27	2.43	3.29	0.39	1.27	0.31
ES	Clg	97.12	86.71	99.83	111.01	77.35	66.19	59.8	91.38	84.97	91.97	89.24	99.51
ES	Lgt	6.09	5.5	6.31	6.23	6.24	5.94	6.15	6	5.76	5.93	5.73	6
Posição 02													
D1	Htg	0	0	0	0.38	4.93	1.19	2.72	1.02	1.15	0	0.15	0.01
D1	Clg	94.82	77.58	83.85	75.89	34.41	20.01	16.97	44.93	52.28	76.7	80.5	97.59
D1	Lgt	6.26	5.79	6.73	6.84	7.23	7.07	7.27	7.15	6.76	6.73	6.34	6.36
D2	Htg	0	0	0	0.68	5.29	1.79	4.08	1.59	1.8	0	0.26	0.01
D2	Clg	94.41	79.48	79.26	72.4	36.24	24.78	23.61	51.09	60.42	76.52	84.27	98.59
D2	Lgt	6.34	5.83	6.75	6.98	7.51	7.38	7.54	7.29	6.74	6.61	6.22	6.38
ES	Htg	0.11	0.17	0.08	1.2	6.62	4.07	6.28	2.28	3.26	0.45	1.26	0.31
ES	Clg	102.18	89.43	105.89	111.61	72	58.64	51.01	83.72	80.09	96.38	90.2	102.53
ES	Lgt	5.84	5.29	5.95	5.72	6.18	5.97	6.24	5.97	5.74	5.9	5.68	5.9
Posição 03													
D1	Htg	0	0	0	0.64	5.62	1.68	3.88	1.52	1.67	0	0.22	0.01
D1	Clg	84.69	69.3	69.6	61.95	28.38	17.2	15.91	40.99	49.05	65.79	73.71	90.05
D1	Lgt	6.27	5.81	6.9	7.15	7.53	7.4	7.58	7.32	6.82	6.76	6.21	6.29
D2	Htg	0	0	0	0.34	3.42	0.9	1.96	1.07	1	0	0.26	0.01
D2	Clg	77.31	70.04	82.75	94.06	63.14	53.01	46.97	74.9	68.07	72.73	69.45	80.43
D2	Lgt	6.37	5.86	6.83	6.98	7.31	7.2	7.43	7.18	6.79	6.79	6.33	6.39
ES	Htg	0.11	0.18	0.12	1.78	9.24	5.93	9.24	3.32	4.49	0.55	1.4	0.3
ES	Clg	104.96	85.66	91.29	84.15	45	32.06	27.78	57.54	63.32	87.23	92.48	108.73
ES	Lgt	5.88	5.39	6.32	6.51	6.96	6.72	6.91	6.28	5.89	5.91	5.68	5.87
Posição 04													
D1	Htg	0	0	0	0.56	4.08	1.34	3.12	1.34	1.43	0	0.27	0.01
D1	Clg	89.02	80.18	88.64	93.27	58.18	46.26	42.63	72.52	73.72	82.13	80.89	91.21
D1	Lgt	6.15	5.66	6.57	6.52	7.24	7.25	7.32	7.02	6.51	6.47	6.15	6.27
D2	Htg	0	0	0	0.31	3.55	0.92	1.98	0.85	0.87	0	0.15	0.01
D2	Clg	89.78	78.26	92.74	95.82	55.58	42.1	35.16	66.09	65.04	82.02	77.24	90.65
D2	Lgt	6.28	5.82	6.72	6.85	7.25	7.06	7.28	7.17	6.78	6.76	6.38	6.41
ES	Htg	0.11	0.15	0.12	1.83	8.99	6.1	9.54	3.53	4.57	0.53	1.41	0.32
ES	Clg	111.07	92.34	92.7	85.44	48.68	36.96	34.47	64.67	73.42	91.91	100.7	115
ES	Lgt	5.74	5.21	6.09	6.14	6.36	6.12	6.23	5.99	5.71	5.86	5.68	5.82

APÊNDICE C – ZONA BIOCLIMÁTICA 8: BELÉM

Tabela C.1 – Dados de consumo energético para Belém:
Window-to-Wall Ratio 15%

Posição 01													
D1	Htg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D1	Clg	73.65	55.9	67.31	71.17	89.11	103.67	100.44	100.16	86.09	96.55	85.25	89.08
D1	Lgt	8.86	7.96	8.75	8.37	8.52	8.25	8.59	8.67	8.45	8.78	8.53	8.87
D2	Htg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D2	Clg	85.84	61.71	69.22	67.75	79.12	87.38	84.77	89.77	85.52	105.93	100.69	105.34
D2	Lgt	7.85	7.22	8.19	8.09	8.45	8.26	8.53	8.46	7.99	7.98	7.57	7.77
ES	Htg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ES	Clg	80.74	61.13	73.84	76.46	97.33	114.32	111.97	112.23	94.05	113.52	99.56	99.74
ES	Lgt	9.75	8.37	8.78	7.76	7.45	7.38	7.79	8.3	8.58	9.57	9.46	9.84
Posição 02													
D1	Htg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D1	Clg	86.06	62.64	71.39	69.91	81.55	90.41	87.75	93.31	89.08	108.57	101.72	105.07
D1	Lgt	8.05	7.24	8.02	7.8	8.05	7.93	8.2	8.1	7.73	7.86	7.66	7.99
D2	Htg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D2	Clg	81.36	59.2	67.1	64.79	77.03	84.09	82.44	86.65	81.04	105.4	98.82	101.52
D2	Lgt	8.15	7.36	8.23	8	8.43	8.25	8.49	8.25	7.93	8.29	8.06	8.26
ES	Htg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ES	Clg	82.73	62.77	75.88	79.96	99.93	118.29	115.09	115.96	99.06	111.61	98.42	99.97
ES	Lgt	8.41	7.56	8.33	8.12	8.44	8.42	8.73	8.55	8.22	8.37	8.04	8.21
Posição 03													
D1	Htg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D1	Clg	81.92	58.64	65.48	63.2	75.08	81.84	80.23	84.16	78.76	103.36	98.62	102.35
D1	Lgt	7.32	6.67	7.67	7.62	7.96	7.83	8.08	7.97	7.5	7.46	7.13	7.32
D2	Htg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D2	Clg	69.79	53.01	64.04	67.35	86.59	100.56	97.97	96.35	80.34	94.66	83.32	86.14
D2	Lgt	8.21	7.32	8.01	7.51	7.63	7.41	7.64	7.64	7.6	8.08	7.88	8.23
ES	Htg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ES	Clg	96.48	70.15	80.09	78.71	91.76	103.28	100.58	107.33	101.08	124.27	115.99	118.2
ES	Lgt	8.79	8.6	10.42	10.68	11.4	11.36	11.74	11.5	10.62	10.18	8.84	8.52
Posição 04													
D1	Htg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D1	Clg	71.16	54.3	65.72	68.35	86.21	99.12	96.82	96.89	82.4	97.02	85.29	87.91
D1	Lgt	8.6	7.74	8.88	8.7	9.01	8.77	9.05	9.01	8.67	8.81	8.5	8.75
D2	Htg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D2	Clg	75.3	57.18	69.18	72.24	89.04	103.08	100.06	101.5	89.02	99.3	87.66	90.95
D2	Lgt	7.7	7.05	7.93	7.59	7.83	7.63	7.88	7.76	7.5	7.5	7.24	7.61
ES	Htg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ES	Clg	92.76	66.69	75.14	72.32	85.64	94.89	93.34	98.56	91.49	121.18	114.57	116.22
ES	Lgt	8.07	7.27	8.11	7.87	8.18	8.23	8.54	8.4	7.91	8.03	7.61	7.99

Tabela C.2 – Dados de consumo energético para Belém:
Window-to-Wall Ratio 30%

Posição 01													
D1	Htg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D1	Clg	75.27	57.21	68.94	73.16	92.24	107.28	103.9	102.65	87.58	97.93	86.56	90.9
D1	Lgt	7.54	6.74	7.49	7.26	7.43	7.2	7.43	7.48	7.26	7.48	7.29	7.55
D2	Htg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D2	Clg	89.66	64.19	71.46	69.68	81.19	89.28	86.66	91.62	87.5	108.45	104.15	109.78
D2	Lgt	7.39	6.73	7.61	7.54	7.86	7.74	7.98	7.9	7.44	7.48	7.16	7.36
ES	Htg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ES	Clg	81.47	61.89	74.98	78.54	100.41	117.97	115.54	114.74	95.34	114.16	100.3	100.56
ES	Lgt	6.46	5.71	6.3	6	6.09	5.93	6.16	6.25	6.05	6.27	6.15	6.36
Posição 02													
D1	Htg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D1	Clg	89.55	65.64	75.04	73.26	85.07	93.91	91.46	97.27	92.94	112.24	105.11	108.58
D1	Lgt	7.28	6.56	7.3	7.03	7.31	7.13	7.36	7.26	6.87	7.13	6.94	7.26
D2	Htg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D2	Clg	84.51	61.83	70.26	67.79	80.29	87.48	85.81	90.37	84.63	109.21	102.19	105.21
D2	Lgt	7.2	6.48	7.28	7.12	7.38	7.16	7.39	7.36	7.02	7.17	6.98	7.23
ES	Htg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ES	Clg	85.65	65.38	78.9	82.83	102.56	120.85	117.84	119.21	102.56	114.84	101.59	102.95
ES	Lgt	5.82	5.23	5.84	5.65	5.88	5.7	5.85	5.84	5.73	5.88	5.69	5.85
Posição 03													
D1	Htg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D1	Clg	85.66	61.16	67.72	65.09	77.11	83.63	82.02	85.92	80.69	105.76	101.97	106.61
D1	Lgt	7.07	6.41	7.27	7.17	7.47	7.34	7.54	7.46	7.08	7.19	6.91	7.11
D2	Htg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D2	Clg	71.9	54.79	66.21	70.03	90.49	104.93	102.27	99.72	82.57	96.63	85.21	88.47
D2	Lgt	7.49	6.7	7.44	7.19	7.37	7.13	7.36	7.4	7.19	7.41	7.23	7.49
ES	Htg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ES	Clg	99.25	71.84	81.26	79.89	92.82	104.38	101.74	108.44	102.25	125.5	118.3	121.36
ES	Lgt	6.84	6.5	7.91	8.36	9.14	9.41	9.76	9.37	8.28	7.52	6.6	6.62
Posição 04													
D1	Htg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D1	Clg	74.22	56.81	68.63	71.04	89.24	102.43	100.07	100.43	85.73	100.73	88.59	91.56
D1	Lgt	7.16	6.43	7.23	7.06	7.32	7.12	7.33	7.28	6.93	7.09	6.93	7.18
D2	Htg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D2	Clg	79.02	60.29	72.78	75.57	92.35	106.34	103.59	105.35	92.85	103.1	91.3	94.68
D2	Lgt	7.17	6.5	7.24	6.99	7.18	6.97	7.26	7.18	6.85	7.03	6.85	7.11
ES	Htg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ES	Clg	96.09	69.64	78.61	75.67	89.11	98.55	97	102.55	95.5	125.17	118.21	119.98
ES	Lgt	7.79	6.98	7.78	7.55	7.84	7.89	8.21	8.15	7.63	7.76	7.35	7.75

Tabela C.3 – Dados de consumo energético para Balém:
Window-to-Wall Ratio 45%

Posição 01													
D1	Htg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D1	Clg	77.68	59.17	71.43	75.9	96.12	111.69	108.23	106.07	89.95	100.34	88.79	93.68
D1	Lgt	7.01	6.31	7.05	6.79	6.98	6.68	6.94	6.95	6.8	7.03	6.84	7.07
D2	Htg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D2	Clg	93.92	67.02	74.15	71.93	83.67	91.55	88.88	93.85	89.92	111.56	108.06	114.72
D2	Lgt	7	6.35	7.19	7.07	7.37	7.2	7.4	7.33	7.01	7.12	6.85	7.04
ES	Htg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ES	Clg	84.1	64.24	77.67	81.71	104.53	122.68	120.21	118.54	98.17	116.68	102.87	103.26
ES	Lgt	6.05	5.4	5.98	5.78	5.93	5.74	5.95	5.99	5.77	5.92	5.81	6.01
Posição 02													
D1	Htg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D1	Clg	93.32	68.94	78.99	76.89	88.85	97.72	95.46	101.51	97.19	116.31	108.87	112.44
D1	Lgt	6.93	6.28	7.04	6.74	6.98	6.75	7.01	6.92	6.65	6.87	6.68	6.89
D2	Htg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D2	Clg	88.52	65.17	74.26	71.53	84.44	91.82	90.09	94.98	89.13	114.17	106.64	109.92
D2	Lgt	7.05	6.34	7.1	6.92	7.13	6.94	7.18	7.14	6.81	6.98	6.83	7.05
ES	Htg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ES	Clg	89.71	68.98	82.98	86.68	106.25	124.53	121.73	123.51	107.01	119.11	105.73	106.99
ES	Lgt	5.85	5.25	5.87	5.67	5.91	5.74	5.86	5.86	5.76	5.9	5.72	5.86
Posição 03													
D1	Htg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D1	Clg	89.85	64.06	70.41	67.43	79.63	85.88	84.24	88.15	83.17	108.69	105.68	111.25
D1	Lgt	6.85	6.21	6.98	6.82	7.15	6.93	7.12	7.06	6.79	6.9	6.62	6.83
D2	Htg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D2	Clg	74.44	56.87	68.77	72.94	94.49	109.43	106.69	103.26	85.11	99.1	87.57	91.29
D2	Lgt	7.14	6.4	7.14	6.91	7.13	6.86	7.06	7.07	6.92	7.14	6.95	7.17
ES	Htg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ES	Clg	103.23	74.48	83.28	81.55	94.12	105.56	102.94	109.84	104.1	128.14	122.2	125.95
ES	Lgt	5.8	5.22	5.87	5.79	6.08	6.04	6.2	6.1	5.74	5.86	5.68	5.84
Posição 04													
D1	Htg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D1	Clg	78.46	60.31	72.79	74.95	93.63	107.11	104.67	105.39	90.47	105.97	93.26	96.55
D1	Lgt	7.07	6.37	7.14	6.97	7.18	6.97	7.21	7.17	6.85	6.99	6.84	7.08
D2	Htg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D2	Clg	82.94	63.66	76.7	79.12	96.04	110	107.41	109.45	96.93	107.17	95.14	98.69
D2	Lgt	7.1	6.42	7.16	6.87	7.14	6.92	7.17	7.08	6.73	6.96	6.77	7.04
ES	Htg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ES	Clg	99.24	72.37	81.82	78.89	92.35	102.08	100.51	106.45	99.4	129.24	122.02	123.65
ES	Lgt	6.12	5.44	6.15	6.01	6.24	6.18	6.4	6.35	5.96	6.08	5.89	6.12

Tabela C.4 – Dados de consumo energético para Belém:
Window-to-Wall Ratio 60%

Posição 01													
D1	Htg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D1	Clg	79.94	61.05	73.72	78.37	99.46	115.48	111.95	109.05	92.08	102.41	90.72	96.12
D1	Lgt	6.82	6.17	6.87	6.61	6.79	6.57	6.83	6.82	6.54	6.74	6.56	6.81
D2	Htg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D2	Clg	97.5	69.54	76.53	73.94	85.84	93.48	90.76	95.77	92	114	111.15	118.78
D2	Lgt	6.79	6.17	6.91	6.73	7.03	6.81	6.99	6.94	6.66	6.74	6.49	6.71
ES	Htg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ES	Clg	86.45	66.35	80.03	84.37	107.89	126.46	123.97	121.61	100.55	118.83	105.06	105.6
ES	Lgt	5.95	5.31	5.87	5.68	5.87	5.66	5.84	5.86	5.69	5.87	5.74	5.93
Posição 02													
D1	Htg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D1	Clg	96.28	71.6	82.14	79.74	91.92	100.7	98.62	104.79	100.5	119.48	111.85	115.57
D1	Lgt	6.74	6.15	6.87	6.58	6.89	6.63	6.89	6.76	6.54	6.8	6.61	6.76
D2	Htg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D2	Clg	91.83	67.94	77.62	74.64	87.91	95.38	93.55	98.77	92.9	118.24	110.21	113.84
D2	Lgt	6.75	6.05	6.82	6.63	6.87	6.65	6.88	6.83	6.58	6.72	6.51	6.79
ES	Htg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ES	Clg	92.88	71.86	86.22	89.69	109.12	127.27	124.72	126.78	110.44	122.34	108.91	110.14
ES	Lgt	5.81	5.22	5.83	5.65	5.88	5.69	5.84	5.83	5.71	5.87	5.68	5.85
Posição 03													
D1	Htg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D1	Clg	93.37	66.63	72.84	69.6	81.91	87.95	86.29	90.23	85.37	111.12	108.75	115.18
D1	Lgt	6.84	6.19	6.94	6.78	7.1	6.88	7.06	7.01	6.73	6.84	6.57	6.81
D2	Htg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D2	Clg	76.54	58.67	70.94	75.28	97.54	112.83	110.1	106	87.08	100.97	89.36	93.52
D2	Lgt	6.85	6.19	6.89	6.63	6.79	6.53	6.82	6.82	6.57	6.79	6.63	6.86
ES	Htg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ES	Clg	107.11	77.33	85.96	84.02	96.57	107.88	105.33	112.31	106.69	131.04	125.85	130.25
ES	Lgt	5.78	5.2	5.81	5.71	5.93	5.79	5.96	5.94	5.68	5.86	5.67	5.84
Posição 04													
D1	Htg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D1	Clg	81.87	63.14	76.22	78.14	97.21	110.92	108.38	109.42	94.37	110.21	96.93	100.62
D1	Lgt	6.76	6.06	6.84	6.65	6.88	6.68	6.9	6.86	6.6	6.74	6.53	6.8
D2	Htg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D2	Clg	85.8	66.2	79.67	81.75	98.8	112.63	110.19	112.4	100.04	110.22	98.04	101.74
D2	Lgt	6.71	6.13	6.82	6.51	6.81	6.49	6.73	6.66	6.49	6.76	6.57	6.71
ES	Htg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ES	Clg	102.77	75.51	85.42	82.4	95.99	105.89	104.33	110.62	103.61	133.59	126.02	127.58
ES	Lgt	5.82	5.19	5.87	5.75	5.94	5.79	5.98	5.93	5.71	5.87	5.71	5.88

Tabela C.5 – Dados de consumo energético para Belém:
Window-to-Wall Ratio 75%

Posição 01													
D1	Htg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D1	Clg	82.22	62.98	76.02	80.8	102.7	119.1	115.52	111.94	94.25	104.57	92.72	98.61
D1	Lgt	6.88	6.21	6.92	6.66	6.84	6.55	6.83	6.84	6.63	6.85	6.67	6.91
D2	Htg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D2	Clg	100.96	71.99	78.89	76	88.03	95.51	92.75	97.8	94.13	116.43	114.23	122.81
D2	Lgt	6.73	6.12	6.85	6.64	6.93	6.72	6.9	6.87	6.55	6.62	6.42	6.64
ES	Htg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ES	Clg	88.7	68.39	82.32	86.93	111.1	130.08	127.57	124.58	102.85	120.92	107.16	107.86
ES	Lgt	5.83	5.23	5.81	5.66	5.85	5.64	5.82	5.82	5.67	5.86	5.69	5.87
Posição 02													
D1	Htg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D1	Clg	99.1	74.1	85.11	82.43	94.79	103.49	101.54	107.86	103.61	122.45	114.64	118.57
D1	Lgt	6.65	6.09	6.77	6.5	6.81	6.56	6.79	6.66	6.48	6.76	6.57	6.7
D2	Htg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D2	Clg	95.24	70.8	81.05	77.86	91.42	99.03	97.13	102.68	96.76	122.34	113.84	117.8
D2	Lgt	6.76	6.06	6.83	6.63	6.87	6.65	6.87	6.82	6.58	6.73	6.52	6.79
ES	Htg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ES	Clg	95.81	74.54	89.22	92.49	111.77	129.76	127.47	129.77	113.6	125.32	111.87	113.08
ES	Lgt	5.75	5.16	5.78	5.64	5.84	5.64	5.81	5.81	5.66	5.86	5.67	5.83
Posição 03													
D1	Htg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D1	Clg	96.71	69.06	75.18	71.71	84.11	89.97	88.3	92.26	87.51	113.45	111.67	118.98
D1	Lgt	6.8	6.18	6.93	6.76	7.07	6.84	7.02	6.95	6.67	6.74	6.5	6.77
D2	Htg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D2	Clg	78.67	60.51	73.09	77.57	100.51	116.1	113.34	108.61	89.08	102.85	91.15	95.74
D2	Lgt	6.85	6.19	6.89	6.63	6.8	6.52	6.81	6.82	6.59	6.8	6.62	6.86
ES	Htg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ES	Clg	110.87	80.12	88.59	86.44	99.01	110.24	107.77	114.78	109.27	133.9	129.42	134.46
ES	Lgt	5.74	5.15	5.77	5.64	5.85	5.65	5.82	5.81	5.66	5.86	5.67	5.83
Posição 04													
D1	Htg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D1	Clg	85.39	66.09	79.73	81.44	100.85	114.8	112.18	113.52	98.35	114.45	100.66	104.71
D1	Lgt	6.79	6.1	6.85	6.65	6.89	6.67	6.89	6.84	6.6	6.75	6.55	6.82
D2	Htg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D2	Clg	89.32	69.15	83.19	85.03	102.49	116.54	114.1	116.59	104.04	114.27	101.75	105.71
D2	Lgt	6.59	6.02	6.67	6.42	6.7	6.38	6.55	6.55	6.38	6.67	6.48	6.61
ES	Htg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ES	Clg	106.35	78.65	89.02	85.91	99.7	109.85	108.31	114.93	107.87	138.02	130.05	131.59
ES	Lgt	5.68	5.04	5.72	5.64	5.85	5.63	5.81	5.76	5.64	5.86	5.67	5.83